

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

На правах рукописи

Эн

ЖИГАНОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ
БИОРЕСУРСОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

4.3.3 Пищевые системы

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Садыгова Мадина Карипулловна

Саратов – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ МАКАРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ....	13
1.1 Современные биоресурсы твердой пшеницы: требования мирового и отечественного рынка макаронных изделий.....	13
1.2 Научно-практические основы селекции твердой пшеницы на макаронные изделия.....	22
1.3 Инновационные подходы в технологии изготовления макаронных изделий.....	29
Заключение по главе 1	38
2. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	39
2.1 Постановка эксперимента.....	39
2.2 Объекты исследования.....	41
2.3 Методы исследования.....	41
2.3.1 Методы исследования зерна.....	41
2.3.2 Методы исследования муки и крупки.....	44
2.3.3 Методы исследования макаронных изделий.....	46
2.4 Математические методы обработки данных.....	50
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНА И КРУПКИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ	52
3.1 Определение физико-химических показателей качества зерна.....	52
3.2 Выход крупки и его зависимости от показателей качества зерна...	60
3.3 Определение показателей качества крупки	65
Заключение по главе 3	73
4. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.....	74
4.1 Влияние вида и сорта яровой пшеницы на варочные свойства макаронных изделий	74
4.2 Влияние вида и сорта яровой пшеницы на излом полуфабриката..	80
4.3 Влияние вида и сорта яровой пшеницы на цветовые характеристики макаронных изделий.....	84

4.4. Обоснование применения показателя индекса твердости зерна как комплексного фактора отбора для переработки на макаронные цели.....	90
Заключение по главе 4.....	95
5. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОМПОЗИТНОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ	97
5.1. Влияние количества крупки высокостекловидной мягкой пшеницы на варочные свойства макаронных изделий.....	97
5.2 Влияние внесения крупки высокостекловидной мягкой пшеницы на излом и цветовые характеристики полуфабриката	106
5.3 Прогнозирование варочных свойств продукта для оптимизации состава композитной смеси.....	112
Заключение по главе 5.....	120
6. ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ БИОРЕСУРСОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ....	122
ВЫВОДЫ	129
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЯ	153
Приложение А. Стандарт организации.....	153
Приложение Б. Акт производственных испытаний.....	156
Приложение В. Патент РФ №2839859 «Смесь для изготовления макаронных изделий».....	158
Приложение Г. Дипломы конференций.....	159
Приложение Д. Сертификаты участия в конференциях.....	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Пищевая промышленность всегда сталкивается с одной из самых важных задач – удовлетворением растущих потребностей населения в качественных и безопасных продуктах питания. Определяющим документом дальнейшего развития пищевой промышленности является «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации» до 2030 года [139], в котором приоритетными направлениями являются разработки технологий производства, ориентированных на повышение качества пищевой продукции и продвижение принципов здорового питания.

Низкое качество большинства российских макаронных изделий в настоящее время напрямую связано с дефицитом товарного зерна твердой пшеницы. Это определяющий фактор для органолептических свойств готовой продукции, таких как вкус, структура, цвет и сохранность формы при варке. В результате острой нехватки сырья, производители вынуждены использовать, в первую очередь, пшеничную муку из зерна мягкой пшеницы сомнительного качества.

Согласно стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года определено, что необходимо сохранять независимость государства в критически важных сферах жизнеобеспечения за счет высокой результативности научных исследований и разработок путем практического применения полученных результатов [140]. Поэтому, благодаря работе селекционных центров нашей страны, в настоящее время создан большой перечень сортов твердой пшеницы с высокими технологическими свойствами, отвечающими современным стандартам производства макаронных изделий. В свою очередь, селекционеры мягкой пшеницы, понимая проблему нехватки сырья, предлагают рынку зерна мягкую высокостекловидную пшеницу с высокими качественными и цветовыми характеристиками зерна, что отвечает требованиям макаронных производств. Данная пшеница имеет рост

производства из-за большей урожайности, развитого уровня агротехники в семеноводческих предприятиях.

Отраслевое сообщество и Минсельхоз РФ прогнозируют в 2025 г производство зерна твердой пшеницы в объеме 1,8 – 2,0 млн. тонн. Однако, стоимость товарных партий зерна твердой пшеницы выше всего лишь на 30-35% по сравнению с мягкой пшеницей, что снижает мотивацию производства зерна твердой пшеницы. Условия нестабильного ценообразования на зерно твердой пшеницы порождают нестабильный спрос на семена высоких репродукций, это привело к тому, что доля массовых сортов яровой пшеницы в регионах ее основного возделывания составляет 50 %, а использование элитных репродукций не превышает 3-4%. Эти показатели значительно отличаются от производства мягкой пшеницы, где уровень высева элиты – 50 % и более. Это стало залогом стабильного производства, качества и, как следствие, – лидирующей позиции страны- производителя в мировом экспорте.

С 1 августа 2024 года в России начал действовать стандарт, согласно которому в макаронных изделиях группы А (из твёрдой пшеницы) содержание муки из мягкой пшеницы не должно превышать 5% (ранее — до 15%). Это изменение введено приказом от 24.07.2023 №577-ст Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Согласно стандарту, все макаронные изделия, выработанные после 1 августа 2024 года и маркованные как изделия группы А, должны соответствовать новым требованиям ГОСТ. Но еще более жесткие ограничения (до 3%) применяются в странах-импортерах зерна твердой пшеницы, что может стать серьезной проблемой для реализации выращиваемого урожая.

Сорта мягкой высокостекловидной и твердой пшениц селекции ФАНЦ Юго-Востока созданные за последние 10 лет – это сырье, которое создаётся в соответствии с требованиями макаронной отрасли. Актуальность исследования технологического потенциала современных биоресурсов Саратовской селекции подтверждается и заинтересованностью ученых-селекционеров. Это позволит эффективно и рационально использовать их сорта для производства макаронных

изделий в различном ценовом сегменте. Заявление заместителя министра сельского хозяйства РФ Разина А.В. на совещании Ассоциации производителей макаронных изделий о необходимости введения договоров на контрактацию объемов зерна твердой пшеницы с заданными показателями подтверждает актуальность поставленной проблемы в этой работе. В следствии этого производитель конечного продукта получает гарантированное обеспечение агросырьем, а сельхозтоваропроизводитель обретает уверенность в сбыте продукции и, при необходимости, рассматривает авансирование производства.

Таким образом, работа, направленная на изучение характеристик сортов яровой пшеницы, в соответствии с современными стандартами качества зерна для макаронных изделий, обладающих высокими потребительскими свойствами, является актуальной.

Диссертационное исследование проводилось по запросу селекционеров ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», так как соискатель обучалась в аспирантуре по целевой форме и в рамках госбюджетной НИР кафедры «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО Вавиловский университет «Ресурсосберегающие технологии безопасных пищевых продуктов» (№ Г.Р. 01201151793) по теме: «Создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания».

Степень разработанности темы исследования. Значимый вклад в решение проблемы развития ассортимента сырья и изучение свойств зерна для макаронной продукции высокого качества внесли такие ученые, как Н. С. Васильчук, С. Н. Гапонов, С. А. Леонова, М. А. Розова, П. Н. Мальчиков, В. С. Юсов, Л. А. Беспалова и т.д.

Исследованием качественных показателей зерна яровой пшеницы для производства макаронных изделий занимались Г. А. Осипова, С. Я. Корячкина, М. Б. Ребезов, Д. Р. Аптрахимов, В. В. Мартиросян, П. В. Медведев, Г. М. Медведев, Д. В. Шнейдер, В. Я. Черных, Т. В. Мальченко, и др., однако не в полной мере раскрыт потенциал использования новых перспективных сортов яровой пшеницы Саратовской селекции с подбором критериальных признаков

для производства макаронных изделий в соответствии с международными стандартами.

Цель исследования. Цель диссертационной работы состояла в научно-практическом обосновании производства макаронных изделий на основе современных биоресурсов Саратовской селекции в соответствии со стандартами качества при рациональном использовании ресурсного потенциала яровой твердой пшеницы.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- обоснование выбора сырья для макаронных изделий по качественным характеристикам зерна яровой твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы Саратовской селекции;
- исследовать мукомольные свойства яровой твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы с учетом качественных характеристик зерна;
- исследование влияния физико-химических показателей зерна и крупки на варочные свойства, структурно-механические и цветовые характеристики выработанных макаронных изделий;
- исследование показателя твердозерности зерна яровой твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы как параметра отбора сырья для переработки и оценка его зависимостей с физико-химическими показателями качества зерна, крупки и макаронных изделий;
- исследование влияния дозировки внесения крупки мягкой высокостекловидной пшеницы на варочные свойства, структурно-механические и цветовые характеристики макаронных изделий для выбора рациональных дозировок внесения в композитные смеси при расчете математической модели продукта;
- оптимизировать рецептурные компоненты макаронных изделий из композитных смесей на основе регрессионного анализа;
- расчет социально-экономической эффективности производства разработанных макаронных изделий, разработка технической документации на

новый ассортимент макаронных изделий и производственная апробация результатов исследований.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках пунктов 4, 11, 12, 29 паспорта специальности 4.3.3 Пищевые системы и состоит в следующем:

- впервые изучен технологический потенциал сортов яровых пшениц, созданных за последние 10 лет селекционерами ФАНЦ Юго-Востока, на соответствие современным стандартам макаронной промышленности;
- впервые обосновано применение показателя твердозерности зерна как комплексного фактора отбора перспективных сортов яровой твердой пшеницы Саратовской селекции для переработки на макаронные цели;
- впервые на основе исследований технологического потенциала сортов яровой пшеницы Саратовской селекции доказана возможность использования композитной смеси, содержащей крупку твердой пшеницы сорта Елизаветинская и крупку мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит в соотношении 75:25 в технологии изготовления макаронных изделий. Данное техническое решение позволяет получить продукт с высокими реологическими, варочными, структурно-механическими свойствами при снижении себестоимости готовой продукции;

Новизна технических решений представленных исследований подтверждена патентом РФ Патент РФ № 2839859 «Смесь для изготовления макаронных изделий» от 30.05.2025 (приложение В).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически и экспериментально доказана возможность использования яровой мягкой высокостекловидной пшеницы Саратовской селекции с заданными параметрами при производстве макаронных изделий с высокими качественными характеристиками.

Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» при

обучении студентов по направлениям подготовки 19.03.02 и 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья. Разработан и утвержден комплект нормативной и технической документации на макаронные изделия из композитной смеси: СТО 00493497-079-2025 (Приложение А). Проведена промышленная апробация основных результатов исследований в макаронном цехе пищевого предприятия Саратовской области ООО «СМК» (Приложение Б).

Методология и методы исследования. В работе использовали общепринятые, специальные и практикуемые в селекционном процессе органолептические, физико-химические, химические и реологические методы исследования свойств зерна, крупки, макаронного теста, полуфабрикатов и готовых длинных нитевидных макаронных изделий (спагетти).

На информационно-измерительной системе для определения показателей реодинамики процесса дезинтеграции зерна пшеницы на базе прибора «Полиреотест ПРТ-1», включающего измельчитель зерна, были проведены исследования показателя твердозерности зерна.

Размол зерна для исследования проводили согласно ГОСТу 31463-2012 на вальцовой мельнице Брабендер Квадрумат Джуниор с рассевом на три сорта для твердой и мягкой пшениц. Также рассев зерна производился на лабораторные односортные помолы с ручным рассевом на ситах размер 670 мкм, 400 мкм, 90 мкм, муку получали на сите с ячейками размером 250 мкм. Цвет муки и крупки определялся на спектрофотометре Spekol-10.

Реологические показатели теста в процессе замеса определяли на миксографе с оценкой по 10 балльной шкале.

Макаронные изделия (спагетти) диаметром 1,8 мм получали на прессе спагетном ПСЛ-13 теплым замесом, путем выпрессовывания теста при давлении 8 МПа в течение 2 минут, из образца массой 50 граммов в полости цилиндра, с последующей стабилизацией в сушильном шкафу ТС-200 СПУ разогретом до температуры 40°C и относительной влажности воздуха 80% в течение 24 часов.

Цвет сухих макаронных изделий оценивался визуально по 9 балльной шкале, а также определяли цвет макаронных полуфабрикатов на колориметре NR 110.

Исследование структурно-механических свойств полуфабриката макаронных изделий проводили на приборе Ametek BROOKFIELD CT-3.

Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием программ «Microsoft Excel 2007» и «AgroS 2.09 2001».

Положения, выносимые на защиту:

- результаты экспериментальных исследований качества сырья для производства макаронных изделий;
- результаты исследований на реологические показатели теста, варочные и структурно механические свойства полуфабрикатов;
- данные исследования показателя твердозерности, для комплексной оценки характеристик зерна для макаронной промышленности;
- данные исследования варочных, структурно-механических свойств и цветовых характеристик макаронных изделий из композитных смесей и математическая модель продукта на их основе;
- данные об экономической эффективности применения яровой мягкой высокостекловидной пшеницы для производства макаронной продукции.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности полученных результатов подтверждена экспериментальными исследованиями, проведенными стандартными, общепринятыми и специальными методами; подтверждается соответствием эмпирических данных с известными ранее показателями и концепциями относительно сырья; а также патентом и публикацией основных аспектов диссертации в рецензируемых печатных изданиях.

Основные результаты диссертационной работы были представлены и проанализированы на конференциях различных уровней: в международной научно-практической конференции «Вавиловские чтения – 2021» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2021 г.); всероссийской научно-

практической конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам работы 2021 года кафедры «Технологии продуктов питания» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2022 г); III международной научно-практической конференция «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2022 г); международной научно-практической конференции «Состояние и пути развития производства и переработки продукции животноводства, охотничьего и рыбного хозяйства», посвященной 90-летию Технологического факультета (ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова», г. Улан-Удэ, 2022 г); всероссийской научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам работы 2022 года кафедры «Технологии продуктов питания» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2023 г); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки» («НИЦ Вестник науки», г. Уфа, 2023 г); международной научной конференция «Селекция и генетика культурных растений – 2023» (ФГБОУ ВО РГАУ МСХА, г. Москва, 2023 г); всероссийской научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам работы 2023 года кафедры «Технологии продуктов питания» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2024 г); III-й международной научно-практической конференции «Перспективные технологии продуктов питания на зерновой основе: функциональность, безопасность, качество» (ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», г. Москва, 2024 г); всероссийской научно-практической конференции по итогам научно-исследовательской и производственной работы профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам работы 2024 года кафедры

«Технологии продуктов питания» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2025 г); IV международной научно-практическая конференция «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2025 г); IX Всероссийском молодежном научном форуме «Наука будущего – наука молодых» (г. Самара, 2024 г).

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ МАКАРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1 Современные биоресурсы твердой пшеницы: требования мирового и отечественного рынка макаронных изделий

Пшеница – основная зерновая культура России, и ее посевы занимают 50 % всех посевных площадей страны. В 2021 году по данным Минсельхоза России в стране было собрано 75,9 млн. тонн пшеницы. При этом 735 тыс. тонн приходится на долю твердой пшеницы всех классов. Данный показатель выше 2020 года на 2,3%.

Твердая пшеница в мире занимает примерно 5 % всей производимой пшеницы. Ее производство сосредоточено в определённых регионах. Связано это с особенностями климата и условиями возделывания данной культуры. В Европе основными странами, занимающимися ее производством, являются Италия, Испания, Греция, Франция и другие страны ЕС. На американском континенте – Канада, США, Мексика, Перу, Чили, Бразилия. На африканском континенте – Египет, Алжир, Марокко, Тунис. В Азии и на Ближнем Востоке – Турция, Сирия, Индия (Евдокимов М.Г, 2006). Доля выращивания твердой пшеницы в зарубежных странах от общего объема возделывания культур велика: от 40% (Эфиопия, Мексика) до 85 % (Тунис). Но наибольший сбор зерна в Канаде (6,1 млн. тонн), Италии (4,8 млн. тонн), США (3,8 млн. тонн) и Сирии (2,6 млн. тонн) [45].

В странах СНГ основная территория возделывания твердой пшеницы находится в Казахстане. В 1990 году площади посевов твердой пшеницы достигли 1,5 млн. гектаров. В последующие годы, 1999-2000, посевы снизились до 900 тыс. гектаров [45].

В настоящее время основными областями выращивания яровой твердой пшеницы в России являются: Оренбургская, Челябинская, Саратовская, Омская, Самарская и Волгоградская области, а также Алтайский край. На их долю приходится 80% валового сбора данной культуры в стране.

Посевные площади изменялись периодически в России. В 30 годах ее возделывали на площади 6 млн. гектаров или 50 % мировой площади культуры. В военные годы, 1941-1945, площади были уменьшены. Наибольшее количество посевов зафиксировано в послевоенное время: в 1966 году – 5,7 млн. гектаров [38]. Дальше шло заметное уменьшение площадей посевов: в 1971 году – 5 млн. гектаров, 1981 год – 2,6 млн. гектаров, 1985 год – 1,97 млн. гектаров.

Основной причиной сокращения посевов являлось уравнивание цен на мягкую и твердую пшеницу. Если в 1988 году ценовое преимущество твердой пшеницы составляло у зерна 1 класса 89 %, то в 1994 году оно снизилось до 25 % [45]. Также важным фактором сокращения посевов твердой пшеницы является неверное представление о потенциальной и реальной ее продуктивности. многими отечественными учеными (Н.П. Фомин, 1937; Германцев Л.А, 1986; Н.А. Кузьмин, 1978 и др.) было доказано, что при оптимальных погодных условиях и соблюдении всех агротехнических мероприятий урожайность яровой твердой пшеницы не только не уступает, но и в некоторые годы превосходит урожай яровой мягкой пшеницы, давая рекордные урожаи [45,18,34,121]. Кроме того, твердая пшеница обладает большей засухоустойчивостью и дает стабильный качественный урожай даже в жаркие сухие годы.

Озимая мягкая пшеница занимает основную долю возделывания в нашей стране. Связано это с высокой урожайностью данной культуры, поэтому она постепенно вытесняет посевы яровой культуры. Также зимующие вредители и болезни с озимой культуры в весенний период перемещаются на посевы яровых, тем самым нанося им вред. В дальнейшем это влияет на выход качественного зерна. По данным Вьюшкова А. А., на урожайность яровой культуры влияют три фактора. Во-первых, это погодно-климатические условия, во-вторых, – технологии возделывания, в-третьих, – введение новых сортов [13].

Ввиду сложившейся политической обстановки в 2022 году и закрытию многих путей импорта сырья из других стран, появился дефицит товарного сырья твердой пшеницы, что повлекло за собой повышение стоимости конечной продукции. В связи с этим состоялось собрание Минсельхоза России 21 января 2022 года,

повесткой которого было увеличение посевов пшеницы в стране, в том числе яровой твердой пшеницы. В рамках поручения Правительства РФ, впервые Росстат включит посевые площади данной культуры в форму федерального статистического наблюдения. На их основании регионы смогут предоставить планы повышения посевов данной культуры до 2030 года [136].

Для получения результатов этого решения Правительство РФ приняло Постановление № 687 от 18 апреля 2022 года «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2021 г. № 118 и признании утратившим силу подпункта «б» пункта 2 изменений, которые вносятся в постановление Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2021 г. №118 "Об утверждении Правил предоставления и распределения иных межбюджетных трансфертов, имеющих целевое назначение, из федерального бюджета поддержку субъектов Российской Федерации в целях софинансирования расходных обязательств, возникающих при возмещении производителям зерновых культур части затрат на производство и реализацию зерновых культур [138]. Данное постановление позволяет авансировать посевые работы, что существенно облегчит работу хозяйств.

По данным Министерства сельского хозяйства Саратовской области площади посева твердой пшеницы имеют тенденцию к росту. По статистике, за три года с показателя 63466 га – в 2019 году, в 2020 году посевы упали на 22,3 % – до отметки в 49326 га. А в 2021 году площади увеличились до 63787 га. В настоящее время в 2024 году посевная площадь твердой пшеницы в нашем регионе составляет 130 тыс. га. Более 50 % площади — это сорта Саратовской селекции. Основой повышения данного показания является внедрение новых интенсивных сортов и технологий возделывания.

В 2018 году были рекордные урожаи пшеницы, вследствие чего Россия вышла в лидеры по экспорту зерна. Представители ведущих макаронных производств готовили прогнозы о том, что это приведет в ближайшем времени к экспорту готовых макаронных изделий. На данный момент маркетологи отмечают значительный рост потребления отечественной продукции в России, так как она

находится на уровне с импортными продуктами, но имеет цену ниже [3,1]. В 2019 году среднедушевое потребление макаронных изделий составило 9,9 кг – против 7,8 кг в 2015 году (рост на 27 %) [43].

По анализу специалистов Экспертно-аналитического центра агробизнеса "АБ-Центр", макаронное производство имеет тенденцию к росту. Производство макаронной продукции в 2020 году находилось на уровне 1478,8 тыс. тонн, что больше на 5,1 %, чем в 2019 году и на 10,4 %, чем в 2018 году. В среднем за 10 лет с 2010 объемы производства выросли на 35,2 %. По официальной статистике, доля производства макаронных изделий в Поволжском ФО стоит на третьем месте из общего объема по России и составляет 17,3 % (205,6 тысяч тонн) [135].

Экспорт в 2020 году достиг максимума за последние 10 лет и составил 116,7 тыс. тонн. Основными экспортерами российских макарон являются Казахстан, Беларусь, Грузия, Армения, Таджикистан [1]. В Казахстан доля экспорта составляет 26,6 %, в Беларусь – 22,4 % (по данным 2018 года) [3].

В свою очередь, основными импортерами макаронной продукции являются итальянские компании, они составляют 46,5 % в общем объеме импорта – 37,3 тыс. тонн в год. На втором месте по импорту макаронной продукции в Россию стоит Китай – 16,1 % [3,1,108].

Для качественной макаронной продукции важным критерием является отбор сырья для ее производства. Доля макаронных изделий «Группы А» в общем объеме потребления за последние 10 лет выросла в 1,5 раза (с 30 % до 45 %). Этому способствовало позиционирование макарон из сортов твердой пшеницы как одного из продуктов для здорового питания [43].

Основными критериями отбора качественного зерна и его классности для макаронной промышленности в России являются такие показатели как стекловидность, натура, количество и качество клейковины [10]. Данные показатели классности нормируются ГОСТом 31463-2012 «Мука из твердой пшеницы для макаронных изделий. Технические условия». Но в ряде стран существуют свои классификации и показатели качества зерна твердой пшеницы.

Показатель количества содержания белка в твердой пшенице, в отличие от мягкой, не является строго регламентируемым показателем. Для получения макаронных изделий достаточен уровень 12-15 % при влажности зерна 14 %. По стандарту Канады, для первого класса зерна достаточно содержание белка не менее 9,5 %. В остальных классах данный показатель не регламентируется [10].

По первичным исследованиям считалось, что количество белка должно быть не менее 17-18 % [96]. В. С. Голик утверждал, что содержание белка в пределах 13 % является достаточным для получения качественного продукта [21]. Н. С. Васильчук утверждал, что содержание белка в зерне твердой пшеницы более 16 % говорит о низкой натуре, что отрицательно влияет на выход крупки при помоле. И наоборот низкое содержание белка менее 12 % приводит к проблемам при помоле и процессе изготовления макаронных изделий. Белки яровой твердой пшеницы представлены комплексом проламинов и глютенинов. При низком содержании белка в пшенице формируется недостаточное количество клейковины, которая предопределяет технологические свойства крупки для производства макаронных изделий [10,43,14,49]. Согласно ГОСТу 9353-2016 к 1 классу относят зерно твердой пшеницы, имеющее показатель белка не ниже 13,5 %.

На содержание белка влияет урожайность культуры. Такая зависимость была также установлена селекционерами ФАНЦ Юго-Востока, но данный показатель корреляции различен в зависимости от сорта. Также внесение удобрений оказывает существенное положительное влияние на данный показатель. Выбор предшественника для культуры является важным критерием для продукта высокого качества. Считается, что лучшим предшественником для твердой пшеницы является черный пар и многолетние травы [10].

Клейковина – комплекс белковых веществ пшеницы (глиадин и глютенин, нерастворимые в воде), способных при набухании в воде образовывать связанную массу. Она составляет 75% от всех белков зерна. Особенность глиадина в том, что он выполняет функцию пластификатора, обеспечивающего текучесть крахмальной массы, и связующего вещества, соединяющего крахмальные гранулы в единую тестовую массу [10,11,54,101,85]. Глютенин – упругая резиноподобная масса,

которая позволяет формировать устойчивый к механическим нагрузкам полуфабрикат [10,11,54,85]. Отличительная особенность клейковины твердой пшеницы в том, что она имеет более высокое соотношение глиадина к глютенину. Это позволяет получить оптимальную упруго-эластичную массу с устойчивостью к разрыву при формировании полуфабриката [11,10].

Содержание сырой клейковины в муке ограничивается стандартом и должно быть по ГОСТу 26574-2017 для хлебопекарной муки не менее 28 % – для сорта экстра и высшего, 30 % - для крупчатки и муки первого сорта, 25 % – для муки второго сорта, 20 % – для обойной муки [122]; согласно ГОСТу 31463-2012 не менее 26 % - для крупки, 28 % - для полукрупки, 25 % - для второго сорта [34,23]. В исследованиях А.Г. Крючкова показано, что увеличение клейковины с 22 % до 29 % повышает прочность макаронных изделий, но отрицательно сказывается на их общей оценке [65,8].

Также государственные стандарты регламентирует «силу» муки. Под этим понятием подразумевают способность образовывать тесто, которое после замеса в процессе брожения и при расстойке приобретает структурно-механические свойства. Для твердой пшеницы этот показатель должен быть не менее 2 группы качества.

Отличительная особенность твердой пшеницы обусловлена плотностью упаковки белковой матрицы, в которую встроены зерна крахмала (структурные особенности эндосперма) [151]. В эндосперме твердой пшеницы зерна крахмала, белок и стенки клеток плотно соединены. Поэтому у зерна твердой пшеницы стенки клеток не разрушаются, так как зерно содержит в своем составе больше «прикреплённого белка», создавая поры и микрощели, и зерна крахмала не выпадают, а дробятся на крупные частицы с острыми гранями, как монолитное твердое тело [117]. В связи с этим один из основных показателей качества твердой пшеницы является стекловидность. Она предопределяет крупность частиц при помоле. Это особенно ценится в крупке из твердой пшеницы [64]. В работах Бочкаревой И. А. отмечается зависимость между стекловидностью зерна и

повышенной прочностью макаронных изделий с меньшим коэффициентом развариваемости [8].

Италия является эталоном производства макаронных изделий высшего качества. Требования к качеству сырья установлены на государственном уровне и при их несоблюдении предусмотрены штрафы, вплоть до уголовной ответственности. Однако качество получаемого урожая для итальянского рынка недостаточно высоко, поэтому около 20 % сырья страна импортирует из Канады и США [72]. Следовательно, стандарты качества зерна совпадают с требованиями данных стран.

В Канаде твердую пшеницу (Canada Western Amber Durum) делят на 5 классов: №1 (CWAD) – стекловидность выше 80 %; №2 (CWAD) – стекловидность не менее 60 %; №3 (CWAD) стекловидность не должна быть менее 40 %; для №4 и №5 данный показатель не нормируется [10]. Сорта канадского происхождения имеют отличительный высокий цвет и необходимое количество белка с высоким выходом крупки (семолины).

В США по одному показателю стекловидности зерно делят на три основных вида: hard amber durum wheat (HADW) – твердозерная янтарная твердая пшеница, стекловидностью выше 75 %; amber durum wheat (ADW) – янтарная твердая пшеница, стекловидностью 60-75 %; durum wheat (DW) – твердая пшеница со стекловидностью менее 60 %. В каждом виде существует еще пять подклассов [10].

В России по ГОСТу 9353-2016 на твердую пшеницу на крупку для макаронных целей стекловидность зерна первого и второго класса должна соответствовать показателю не менее 85 %, для третьего – 70 %, для четвертого и неклассного зерна данный показатель не нормируется.

Показатель стекловидности зависит от правильных сроков уборки зерна, а также от погодных условий уборочного сезона. В жаркую и сухую погоду все сорта, как правило, формируют высокотекловидное зерно [10]. Исследования ученых Кирьякова М. Н., Медведева П. В., Черных В. Я., Федотова В. А., Johnson M. также показывают отсутствие устойчивой взаимосвязи между содержанием белка и стекловидностью [57,152,10,51]. Поэтому для более комплексной оценки

технологических свойств зерна необходимо учитывать структурно-механические характеристики, такие как показатели твердозерности, которые определяются морфологическими особенностями зерна, плотностью его белковой матрицы, размерами крахмальных зерен. Ученые Z. Kaliniewicz, A. Markowska-Mendik, B. X. Fu, K. Wang, A. Kumar, занимающиеся изучением твердозерности пшеницы, считают, что данный показатель является интегральным, с одной стороны, мукомольных свойств, а с другой - макаронных или хлебопекарных свойств зерна [151,155,51]. Поэтому актуальные исследования направлены на разработку методов контроля качества в макаронной промышленности, основанных на оценке этих показателей [153,89,125,51]. Например, J. Hourston в своих работах доказывает, что небольшие корректировки для каждого сорта по показателям твердозерности могут привести к значительному увеличению прибыли в дальнейшем [153]. Медведевым П. В. установлено, что твердозерность является информативным показателем для прогнозирования технологических свойств зерна, независимо от метода размола зерна [92,93,51]. В настоящее время для макаронной промышленности ведутся исследования наших ученых по показателям твердозерности как метода контроля технологических свойств зерна пшеницы [129,131].

Цвет зерна или содержание каротиноидов является ценным показателем твердой пшеницы. Он влияет на способность давать готовый продукт лимонно-желтого или янтарного цвета и потребительские свойства продукта. В зерне твердой пшеницы показатель содержания каротиноидных пигментов зерна в два раза больше, чем в мягкой пшенице [6,45]. Окраска эндосперма коррелируется от наличия определенных веществ и их соотношения. Сотрудники лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы «ФАНЦ Юго-Востока» отмечают, что цветовые характеристики зерна зависят не от условий выращивания растения, а от его наследуемых генов [10]. Янтарная окраска крупки связана с высоким содержанием каротиноидных пигментов, представленных группами ксантофиллов, эфиров ксантофилла и каротина, обладающих провитаминными и антиоксидантными свойствами.

В Канаде, США и Италии показатель цвета крупки или содержания каротиноидных пигментов в зерне является основным. Данный показатель (индекс цвета) должен быть не менее 22 единиц прибора Konica Minolta. В Российской Федерации крупные производители макаронной продукции, такие как Харрис СНГ (Барилла Рус), ГК СИ Групп (Шебекинские), ОАО Макфа, Омская макаронная фабрика (Добродея) и др. [67,95,94,17], кроме действующих нормативных документов на зерно и крупку для макаронной продукции, также нормируют данные показатели цвета крупки, которые должны соответствовать международным стандартам [11,10,47,74].

Васильчуком Н. С. установлено, что в условиях Поволжья желтый цвет макаронных изделий обеспечен при содержании в зерне каротиноидов 400-450 мг/>. Основную долю каротиноидных пигментов составляют лютеины и ксантофилы, которые в процессе размола и замешивания теста окисляются и распадаются, теряя цвет. Поэтому в селекционной работе отбираются сорта с содержанием каротиноидов более 700-800 мг% [10].

Каротиноидные пигменты не только придают привлекательный янтарно-желтый цвет изделиям, но и являются Ретинолами (витаминами группы А), объединенными в одну общую группу каротины. Отечественными и зарубежными учеными (Васильчук Н. С., Digesù, A. M.) установлено, что в зерне твердой пшеницы большой набор каротиноидных пигментов, однако в эндосперме самой зерновки содержится лютеин до 94 % [10, 148]. В крупке твердой пшеницы его количество доходит до 83%, в отрубях же до 75 % [154,151,74,15]. Лютеин наравне с β-каротином является исходным веществом для образования витамина А.

Обязательное условие качества макаронной крупки — отсутствие способности к потемнению в процессе переработки. Ферменты липоксигиназа и пероксидаза при воздействии света и кислорода, наоборот, обесцвечивают муку, снижая степень желтизны. Учеными Мальчиковым П. Н., N'Diaye A. доказано, что потемнение зависит от активности полифенолоксидазы, активирующейся в присутствии воздуха и влаги оксидационное разложение аминокислоты тирозина с образованием меланинов (темных соединений) [65,160,74].

Еще один из показателей, учитываемый при классификации зерна при приемке на переработку, – это натура. Данный показатель имеет большое значение во всех странах, так как принято считать, что зерно, имеющее натуру менее 730 г/л, имеет низкий выход крупки. Натура зерна имеет большое значение и влияет на стоимость перевозки зерна.

В США по данному показателю установлено пять классов с натурой не менее: №1 – 770 г/л, №2 – 750 г/л, №3 – 720 г/л, №4 – 680 г/л, №5 – 660 г/л. В Канаде для CWAD и Италии также установлено минимальное значение показателя натуры по всем пяти классам: №1 – 790 г/л; №2 – 770 г/л; №3 – 740 г/л; №4 – 710 г/л, №5 – не ограничено.

В России для первого класса натура не меньше 770 г/л, второго – 750 г/л, третьего, четвертого и неклассного зерна – 710 г/л. Натура зерна зависит от двух показателей: условий выращивания и генотипа [10].

Таким образом, требования отечественных макаронных производств к зерну при приемке отличаются от зарубежных. Существенные различия касаются разделения на классы зерна по показателям: цвета, натуры, белка. В условиях конкурентного производства предприятия, выращивающие зерно по критериям нашей страны, не могут рассчитывать на экспорт зерна твердой пшеницы высокого класса. В лучшем случае закупки зерна идут по 3 и 4 классу, соответственно по цене ниже. Для устранения этой проблемы нужно пересматривать нормативные документы на зерно, производимое отечественными фермерами, для выхода на мировой уровень качественной продукции.

1.2 Научно-практические основы селекции твердой пшеницы на макаронные изделия

Основной задачей селекции является обязательный мониторинг показателей технологических свойств полученных сортов не только на стадии создания сорта, но и на этапе семеноводства и получения товарного зерна.

На территории Юго-Востока Европейской части нашей страны твердую пшеницу в основном возделывают в Саратовской, Самарской, Волгоградской и Ростовской области. Эти регионы, получающие зерно с высокими показателями

качества, являются основными и по селекционной работе с твердой пшеницей. Отличительным признаком зерна этих регионов является повышенная стекловидность, высокое содержание белка и клейковины, высокое качество макаронных изделий на излом. Чуть ниже качество зерна формируется в Западной Сибири, Киргизии, и Восточной Сибири. Формирование качества крупки с повышенным содержанием белка в зерне происходит при водно-температурном режиме воздуха и почвы в период полного колошения до восковой спелости зерна. Высокая стекловидность формируется при жарком температурном режиме в период полной спелости [10,43].

Твердая пшеница в годы с оптимальными погодно-климатическими условиями имеет устойчивость к болезням и полеганию, что является преимуществом перед мягкой пшеницей. В такие годы она формирует высокий урожай, по сравнению с мягкой пшеницей [59,11,113].

Селекция яровой твердой пшеницы в нашем регионе началась с 1911 года на Саратовской селекционной станции под руководством А. И. Стебута. Велась она одновременно с мягкой яровой пшеницей. Данной культурой занимались такие ученые как академик Г. К. Мейстер, доктор сельскохозяйственных наук, профессор А. П. Шехурдин, доктор сельскохозяйственных наук В. Н. Мамонтова, доктор сельскохозяйственных наук Л. Г. Ильина [55].

Методами отбора из местных заволжских форм твердой пшеницы были выведены первые сорта: Мелянопус 69, Гордеiforme 189 и др. Эти сорта широко использовались в скрещиваниях в США [59,11]. На Саратовской ОС (ныне ФАНЦ Юго - Востока) Шехурдиным А. П. в 1929 году выведен и впоследствии районирован сорт Гордеiforme 432, отличающийся устойчивостью к засухе, высокими и стабильными из года в год урожаями, а также высоким качеством зерна. С появлением селекционного материала из Италии были выведены сорта Саратовская 40 и Саратовская 41, которые использовались производствами Саратовского и Самарского Заволжья. С 1984 г. учеными лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФАНЦ Юго-Востока создано более 16 сортов яровой твердой пшеницы, которые допущены к использованию в различных

регионах страны. Большим спросом до сих пор пользуются сорта Краснокутка 13 (стандарт региона), Николаша, Ник, Валентина. К последним достижениям ФАНЦ Юго-Востока следует отнести сорт Луч 25 (2014 год), Памяти Васильчука (2020 год), Тамара (2021 год) [59,10,76].

Первоочередной изучаемой задачей в селекционных учреждениях Поволжья (ФАНЦ Юго-Востока, Самарский НИИСХ) и Западной Сибири (Омский АНЦ, ФГБНУ ФАНЦА) стало увеличение урожайности производимого зерна [20, 133]. В Самарском регионе с 1930 года данное направление определяется с момента создания сорта Леукурум 33 [80]. За весь период существования Самарского НИИСХ урожайность выросла на 87,7 %. Для этого селекция велась на выживаемость растений в различных погодных условиях, на устойчивость к болезням и вредителям, а также на продуктивность колоса и морфологические признаки растения [80]. Омский АНЦ с 1929 года увеличил урожайность на 61 % за счет увеличения зерна в колосе и количества продуктивных стеблей [46]. В ФГБНУ ФАНЦА (Алтайский край) урожайность яровой твердой пшеницы с момента создания первой опытной станции в 1929 г выросла за счет увеличения массы зерновки на 14-29 % [109,80].

В ФАНЦ Юго-Востока прирост урожайности составил 73,0 % за весь период селекции твердой пшеницы [15]. Это было получено за счет увеличения крупности зерна и фертильности боковых цветков [10,15].

Ключевыми задачами регионов выращивания остаются сохранение устойчивости к болезням, урожайность и технологические показатели зерна. Стабильность получения зерна высокого качества формируется при сохранении высокого урожая в неблагоприятных погодно-климатических условиях. Совокупность факторов, затрудняющих возделывание твердой пшеницы и ее селекции, требуют постоянного внимания к начальному материалу [43]. В США (1,9 млн. га) и Канаде (1,1 млн. га) основное внимание уделяется повышению технологических свойств твердой пшеницы, устойчивости к болезням и полеганию [4]. В большинстве западных производителей твердой пшеницы (Германии, Канаде

и США) на всех этапах создания сорта выявляется оценка хлебопекарных и технологических свойств зерна [85,156,4].

В Мексике и Калифорнии на получение сорта твердой пшеницы уходит всего около 10 лет, благодаря использованию климатических камер. Сначала отбираются лучшие растения, устойчивые к заболеваниям и изменениям климата. На следующем этапе оценивают качество зерна на содержание в нем каротиноидных пигментов и упруго-эластичных свойств клейковины. На последних стадиях селекции определяется водопоглотительная способность крупки, ее цвет и прочность макаронных изделий, а также их варочные свойства [101,147,4].

До начала 20 века качество твердой пшеницы определяли по таким показателям, как стекловидность, содержание белка, выполненност зерновки, масса 1000 зерен. С 1929 года в Саратовской области начали изучение технологических свойств твердой пшеницы, таких как количество и качество клейковины, развариваемость и потеря сухих веществ при варке, прочность и цвет макаронных изделий. В настоящее время данные показатели входят в нормативные документы по классификации качества твердой пшеницы, они же легли в основу оценки сортов в селекционных центрах [80]. С 1985 года Н. С. Васильчук разделил показатели качества на четыре группы: показатели качества зерна; показатели качества, определяемые на крупке; реологические свойства теста; кулинарные свойства макаронных изделий [10,101]. Благодаря этим исследованиям было установлено, что содержание клейковины для макаронных изделий оптимально в размере 28-35 %; увеличение содержания белка в твердой пшенице обратно пропорционально урожайности [80,101].

Кроме изучения количества белка и клейковины, началась и продолжается на данный момент селекция на улучшение показателей качества зерна. Марушевым А. И. была определена связь хлебопекарных свойств зерна с прочностью макаронных изделий твердой пшеницы, что позволило в дальнейшем создать сорта твердой пшеницы с оптимальными хлебопекарными свойствами. К такому же выводу пришли и канадские ученые, которые определили в клейковине два компонента γ -глиадина. Оба компонента глиадина для макаронных свойств

являются оптимальными, но для хлебопекарных свойств лучшим считается γ -45, содержащийся в краснозерной пшенице [86,159]. В настоящее время селекционерами – генетиками установлены пять локусов, определяющих качество клейковины твердой пшеницы. Сочетание различных аллелей в локусах образует более 40 гаплотипов [162]. При проведении генетического анализа по сортам включенных в Госреестр России по 2014 г. обнаружены блоки, отвечающие за высокое качество клейковины у 46,0 % сортов, что говорит об эффективности отбора высококачественных сортов [80].

В связи с тем, что условия выращивания в Саратовской области не формируют рекордно больших урожаев, но формируют отличительное качество получаемого зерна твердой пшеницы и устойчивость к болезням, селекция яровой твердой пшеницы в нашем регионе направлена на соответствие требованиям производств по технологическим показателям зерна. В настоящее время при изучении клейковины зерна используют ряд исследований, показывающих количественные и качественные показатели клейковины.

Помимо традиционных показателей качества клейковины, определяемых по ГОСТам, используются метод микроСDS-седиментации усовершенствованный Н. С. Васильчуком и определение силы муки при замесе на миксографе. Метод седиментации, разработанный для твердой пшеницы, помогает определить качество клейковины, содержащейся в зерне, что помогает определить ценность селекционного материала на этапе первого года испытания гибрида с использованием малой навески шрота. Исследование реологических свойств теста на миксографе при исследовании твердой пшеницы Саратовской селекции привело к увеличению шкалы балльной оценки кривых миксограмм до 10 баллов, в связи с высокими показателями силы муки [10]. При исследовании материала данные методы зарекомендовали себя положительно, они коррелируют с качественными показателями, определяемыми по нормативным документам при приемке зерна. Это позволяет использовать их для отбора селекционного материала.

В настоящее время селекционерами также применяются генетические методы улучшения качества сортов твердой пшеницы. Основная цель этих методов — это

поиск путей ускоренного переноса генетических систем высокого качества клейковины в генофонд адаптированных к регионам России генотипов и создание на их основе исходного материала конкурентоспособных, коммерческих сортов яровой твёрдой пшеницы. Эта технология подтвердила целесообразность её применения для достижения цели получением рекомбинантов генов качества и адаптивности [77,122].

Стекловидность – один из видовых показателей твердой пшеницы. Яровая твердая пшеница обладает этим высоким показателем – до 95-99 % в благоприятные годы. Селекция на данный признак не ведется, так как при засушливых условиях в период созревания и уборки зерна все сорта формируют высокостекловидное зерно. Этому показателю всегда уделялось особое значение при отборах селекционного материала с отсылкой на условия выращивания [14]. В исследованиях самарских ученых отмечен вклад в дисперсию стекловидности зерна условий среды (61,2 %), а факторы генотипа (9,3 %) и генотип/средовых (19,0 %) не были значимы [80]. Эффективная селекция по показателю стекловидности зерна твёрдой пшеницы связана с улучшением параметров устойчивости формирования признака в разнообразных погодных условиях.

Еще одним немаловажным направлением является селекция на содержание каротиноидных пигментов. Показатель содержания каротиноидов находится под контролем генов с сильными аддитивными эффектами [149,160,74,74]. Желтая окраска качественной макаронной продукции зависит от содержания в зерне лютеинов и ксантофиллов. Высокая степень наследования (до 69 %) была также подтверждена в исследованиях 1983 года в университете штата Северная Дакота [10]. Большим прорывом в отечественной селекции твердой пшеницы на каротиноиды было создание сорта Саратовская золотистая, отличающегося янтарно-желтым цветом [15]. В связи с этим, начались разработки определения цвета зерна. Для этого с 1989 года Н. С. Васильчуком было предложено исследование крупки на спектрофотометре через количественное выражение степени индекса цвета по отражению. Данный метод имел ряд преимуществ перед химическими методами определения содержания каротиноидных пигментов: был

более информативен, положительно коррелировал с химическим методом, а также обладал высокой производительностью и необходимостью маленькой навески материала. Это позволило отбирать селекционный материал со второго года испытания гибридов [10].

Селекция на содержание каротиноидных пигментов ведется в ФАНЦ Юго-Востока и в Самарском НИИСХ. С момента создания первого сорта Гордеiformе 432 показатель содержания каротиноидных пигментов у новых сортов вырос на 85 % [17]. Выделены сорта для наиболее целесообразного использования при формировании популяций и создания линий [74].

В связи с тем, что наследование комплекса каротиноидных пигментов в зерне твердой пшеницы имеет количественный характер коэффициента наследуемости и доминированием аддитивных эффектов генов, то этот признак удобен для молекулярного маркирования. Селекция на увеличение содержания желтых пигментов в зерне и продуктах его переработки в России пока может использовать генетический материал и маркеры, разработанные в иностранных центрах. В России эта технология только разрабатывается [74].

Селекция на содержание каротиноидных пигментов тесно связана с изучением вариабельности генов липоксигеназы. Это основной фермент, высокая активность которого приводит к разрушению каротиноидов, соответственно, к обесцвечиванию конечных продуктов, получаемых из зерна твердой пшеницы. На данный момент в зарубежных сортах, по данным проведенных опытов в Самарском НИИСХ, обнаружен высокий процент сортов с геном низкой активности данного фермента, отечественные же сорта имеют среднюю и высокою активность [122,163].

В настоящее время, основным направлением селекции является сокращение сроков получения сортов. В связи с этим, селекционеры и генетики работают совместно над MAS-отбором. Использование молекулярных маркеров возможно лишь с предварительной работой по их эффективности и значимости [7,68]. Во многих странах повсеместно используют маркеры по устойчивости к болезням, контролю высоты растений и прорастанию на корню [111,128].

Одним из набирающих оборот направлений селекции является создание гибридной пшеницы – это еще один подход к улучшению твердой пшеницы. Данное направление может повысить эффективность скрещивания с одним из его родительских видов, сократит время до выхода сорта, хотя для этого потребуется вливания нового генетического разнообразия в программы селекции. Это может быть сделано путем включения в селекционный процесс ещё не изученных местных сортов (ландрасов) и диких родственных видов. Используется данный метод для повышения устойчивости к болезням [146]. Например, Самарский НИИСХ совместно с ФНЦ зернобобовых и крупяных культур создали межвидовой гибрид твердой пшеницы и полбы для центральной России [124]. Такие же работы проводятся и канадскими учеными, что позволило увеличить урожайность на 10 %. Предполагается, что аннотация геномов образцов полбы дикой (*Triticum dicoccoides*) и сортов твердой пшеницы поможет в этом процессе [136,158]. Также для повышения каротиноидных пигментов в зерне используются разработки гибридной пшеницы с новой культуры тритордеум (*Tritordeum*), в муке которой содержание каротиноидов в 2-5 раз выше, чем в твердой пшенице [11,141]. Это является большим преимуществом для селекционных программ на повышение качества зерна.

1.3 Инновационные подходы в технологии изготовления макаронных изделий

Ключевым сырьем для производства макаронных изделий в соответствии с ГОСТом 31743-2017 являются: мука из сортов твердой пшеницы для макаронных изделий ГОСТ 31463–2012, мука из сортов мягкой пшеницы ГОСТ 31491–2012 и мука пшеничная хлебопекарная ГОСТ 26574-2017 [10,85,101]. Для традиционных видов макаронных продуктов сырьем являются крупяччатые продукты помола высшего сорта зерна твердой пшеницы – крупка и полукрупка, называемые в европейских странах «семолиной». Она дает связное, плотное тесто, имеющее хорошую сопротивляемость к разрыву, в меру упругое и эластичное, не

деформирующееся в процессе приготовления, разделки, сушки и варки [117]. Для этого параметры сырья оцениваются по следующим характеристикам: цвет, вкус и запах, крупнота помола, содержание темных вкраплений (спексов), зольность, кислотность [4,101,101].

В Российской Федерации требования ГОСТ 31463–2012 распространяются на муку – полукрупку и крупку твердой пшеницы, а ГОСТ 31491–2012 на муку – полукрупку и крупку мягкой высокостекловидной пшеницы. Допускается примесь для мягкой высокостекловидной пшеницы содержание твердой пшеницы не более 10 %, в твердой пшенице – содержание мягкой пшеницы не более 5 % [4,85].

На территории РФ по законодательству, регламентирующему ведение технологического процесса на предприятиях, определяющих способы помолов зерна твердых [85] и мягких высокостекловидных пшениц, устанавливаются нормы выхода продуктов размола [4,85].

При сортовом помоле наиболее тщательно отделяются от зерна оболочки и зародыш перед превращением его эндосперма в муку [4]. При размоле зерна образуются побочные продукты: мучка и отруби, богатые пищевыми и биологически активными веществами, которые также могут использоваться для функциональных продуктов. В работах Леоновой С. А. с соавторами установлено, что пшеничная мучка является источником физиологически функциональных ингредиентов для обогащения продуктов питания, в частности для обогащения витаминами В₁, PP, железом, марганцем и калием, а также для получения концентрата β-глюкана [69,97].

Качественная макаронная продукция зависит от крупности частиц макаронной муки, оказывающей существенное воздействие на свойства теста и сохранность готовых макаронных изделий. В исследованиях Осиповой Г. А., Мартиросяна В. В., Апрахимова Д. Р. установлено, что шероховатость и низкая прочность на излом готовых изделий из муки тонкого помола выше, нежели у изделий из крупной крупки [4,101,58,61]. При этом главное условие правильного технологического процесса — это равномерный гранулометрический состав крупки, оказывающий важное влияние на водопоглотительную способность [85]. Использование более

мелкой крупки, но более выравненный по гранулометрическому составу, дает больший выход качественной макаронной продукции. Мелкие частицы, обладают большей водопоглотительной способностью на 1,5-2 %, тем самым ухудшая структуру теста. Крупные частицы обладают низкой водопоглотительной способностью за счет трудной отдачи влаги крахмалу, так как она проникает через облегающие его клейковинные нити [85,101,101,100].

Показатель зольности отражает количество минеральных веществ в зерне. Основная масса их содержится в алейроновом слое до 61 %, 20 % - в эндосперме и 4 % в зародыше [5]. Данный критерий не должен быть выше 1,8 % для качественной крупки и зависит как от генотипа сорта, от условий выращивания, так и от организации мукомольного процесса.

В работах отечественных ученых Калининой М. А., Назарова Н. И., Медведева Г. М и др. значительное направление занимало изучение зависимости качественных характеристик макаронной крупки на показатели качества продукта [89,70]. Макаронное оборудование нового поколения позволяют выпускать изделия высокого качества из крупки твердой и мягкой пшениц и их смесей. Поэтому с дефицитом крупки из твердой пшеницы разрабатывают новые технологии, позволяющие производить из сырья невысокого качества продукты высокого качества [70].

Исследование содержания и состава белка в крупке, его влияния на качество макаронных изделий до недавнего времени проводились на крупке твердой пшеницы. В последние годы стало востребованным изучение влияния на качество макаронных изделий белкового комплекса муки мягкой пшеницы. В исследованиях ученых Д. В. Шнейдер, Т. Б. Цыгановой и Н. К. Казенновой установлено, что показатели количества сухого вещества, перешедшего в варочную воду, и коэффициента упругости вареных макаронных изделий из мягкой пшеницы снижается при выходе растяжимости клейковины за пределы 12-20 см [53,54,70].

Вторым основным сырьем для изготовления классических макаронных изделий является вода. Она должна соответствовать требованиям, предъявляемым к

питьевой воде санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (от 26 сентября 2001 г. № 24). По органолептическим показателям она должна быть без посторонних привкусов и запахов, прозрачной и бесцветной жидкостью, без органических примесей и взвешенных частиц [85]. В воде не должно быть ионов и токсичных металлов. Она должна соответствовать микробиологическим показателям и быть общей жёсткости [4,85].

Дополнительное сырье – это «используемое для обеспечения специальных органолептических и физико-химических свойств макаронных изделий. Также выделяют пищевые добавки – природные или искусственные вещества и их соединения, добавляемые в макаронные изделия в процессе их производства с целью придания им необходимых свойств и/или сохранения качества макаронных изделий» [85].

Обогатительными пищевыми добавками считаются следующие виды:

- добавки, повышающие белковую ценность в макаронных изделиях;
- вкусовые и ароматические добавки (это овощные и фруктовые соки, пасты, ароматизаторы, придающие специфические вкус и аромат);
- улучшители (ПАВ и т.д.);
- БАДы (витаминные добавки) [9,88].

Для обогащения макаронных изделий белком чаще всего используют яйцепродукты. Вместо цельных яйцепродуктов используется яичный порошок или отдельно сухой белок. Они придают не только желтый оттенок изделиям, но и улучшает структуру макаронного теста. На втором месте находятся молочные продукты, обогащающие макаронные изделия белком, чаще всего сухое молоко. При добавлении его в рецептуру повышается количество белка на 4 %, но портится структура теста [88,119,4].

Относительно несложная технология производства макаронной продукции позволяет вносить в рецептуру различные виды растительного сырья, что представляет большую значимость при решении проблемы обоснованного

использования белковых добавок [60,84,134,4]. Так, например, Г. М. Медведевым, было предложено использование продукта кисломолочного брожения (кефира) в производстве макаронных изделий. Установлено повышение биологической ценности продукта с использованием данного сырья. Это положительно влияет на варочные свойства благодаря тому, что в процессе варки изделий происходит коагуляция молочного белка [87,101].

Для улучшения варочных свойств изделий и повышения содержания незаменимых аминокислот (треонина, цистина, лизина, глицина), в Государственном научно-исследовательском институте химической промышленности был разработан состав теста с добавлением соли фосфорной кислоты, сухой молочной сыворотки, пищевого красителя, аскорбиновой кислоты и аминокислот [134,120,101].

В Орловском государственном техническом университете исследованы рецептуры производства макаронной продукции из зерна пшеницы III типа. Этот способ позволяет получить изделия высшего сорта из зерна ниже 1 класса, при ферментировании пшеницы с препаратами целлюлолитического действия и аскорбиновой кислоты [106]. Также у них разработаны рецептуры с введением 4-6 % пищевых волокон или пшеничной клетчатки в количестве 6 %, а также 3 % сухой пшеничной клейковины [98,4]. Это решение позволяет увеличить содержание белка и пищевых волокон в готовом продукте, что позволяет использовать его как продукт для диетического и профилактического питания.

В исследованиях Осиповой Г. А. и Мальченко Т. В., с целью обогащения макаронных изделий растительным компонентом для увеличения в изделиях количества белка и клетчатки, предложен способ внесения в рецептуру конопляной муки [105,115]. Также предложен состав смеси пшеничной и полбяной муки с внесением пшеничных отрубей для повышения качества продукта и создания продукта функционального назначения [104].

Осипова Г. А. с соавторами (2018) установили, что увеличение белка на 1,5 – 8 % в макаронных изделиях из пшеничной хлебопекарной муки, соблюдается с

добавками в количестве: 15 % мясных компонентов, 10 % гороховой и чечевичной муки, 7,5 % соевой муки [103].

Изучение растительных компонентов, обладающих антиоксидантными свойствами, позволили использовать сборы лекарственных растений в макаронном производстве для получения продукции функционального назначения направленной на комплексную реабилитацию больных. Это подтверждается в работах Мальченко Т. В. при использовании добавок «Фиторитм» и «Оптимумфит» в количестве 15 % и 8 % соответственно [73,114].

По мнению Казенновой Н. К. (2022), раздельное применение пищевых добавок - улучшителей не решает комплексно проблему повышения качества макаронных изделий из муки с пониженными технологическими свойствами. Поэтому она считает актуальной разработку технологических средств стабилизации качества макаронных изделий – с помощью комплексных многофункциональных добавок (КМД) [54, 53]. Она с соавторами разработала и научно-обосновала композиционные составы многофункциональных добавок для улучшения качества макаронных изделий, в том числе из муки с пониженными технологическими свойствами. Оптимизирован композиционный состав трех типов КМД для улучшения качества макаронных изделий из муки с пониженными свойствами, такими как повышенная способность к потемнению, слабая или короткорвущаяся клейковина. Установлено ингибирующее действие комплексных многофункциональных добавок на активность полифенолоксидазы с введением состав КМД белоксодержащих продуктов (КМД-1), аминокислот (КМД-2) и поверхностно-активных веществ (КМД-3) [107,134].

В НИИХП получены патенты на макаронные изделия с использованием сухого сывороточно-яичного концентрата ЯСК-50 из муки высшего и первого сортов. Данное решение положительно отражается на качестве изделий и повышает их пищевую ценность [4,134]. Здесь же разработана рецептура, частично заменяющая пшеничную муку на кукурузную, ржаную, гречневую, овсяную при использовании порошка топинамбура и йодированной соли [4]. Это повышает биологическую

ценность продукта, обогащает его витаминами, инулином, йодом и незаменимыми аминокислотами [4].

В исследовании Д. Р. Аптрахимова и Ф. Х. Смольниковой широко представлены разработанные авторами макаронные изделия с растительными компонентами (гречневая и льняная мука) по содержанию в них белков, жиров, углеводов, пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов. Авторами доказано, что использование гречневой или льняной муки в макаронном производстве увеличит ассортимент макаронной продукции, а также сырьевую базу для лечебно-профилактических целей, в том числе для больных сахарным диабетом и целиакией [2].

Также в ГосНИИХП разработана рецептура ржано-пшеничных макаронных изделий с добавлением корректирующей добавки. Данное дополнительное сырье состоит из числа веществ, которые улучшают структуру макаронного теста (аминокислоты, полисахариды, поверхностно-активные вещества), таким образом, повышается содержание пищевых волокон и аминокислот в продукте [4,116].

В исследованиях В. В. Мартиросяна по повышению пищевой ценности макаронных изделий из мягкой пшеницы установлено положительное действие пшеничной клетчатки «Биоцель» в количестве 5 % на макаронные изделия со свойствами, не уступающими по качеству классическим макаронным изделиям из твердой пшеницы [116].

Разработана рецептура макаронных изделий с измельченными семенами амаранта и проса в Московском государственном университете технологий и управления им. К. Г. Разумовского (МГУТУ), с корректирующей добавкой гемицеллюлозы (0,01–0,1 %) и аскорбиновой кислоты. Что повышает содержание незаменимых аминокислот в конечном продукте [134,101,99,161,4].

Сотрудники Кубанского ГТУ разработали рецептуру макаронных изделий из твердой пшеницы с повышенным содержанием лизина и перевариваемостью белка, при внесении в рецептуру светлоокрашенных семян амаранта с β-каротином и макаронным улучшителем «Прима-Янтарь» [4,85].

Для повышения содержания минеральных веществ на 9-20 %, незаменимых аминокислот на 2,5-7 %, а также повышения витаминной и пищевой ценности макаронных изделий на 15-20 % в Пятигорском государственном технологическом университете (ПГТУ) разработана рецептура макаронных изделий из смеси муки из пшеницы, амаранта и сорго [85,75,4]. Для обогащения макаронных изделий ученые ПГТУ используют обезжиренные семена подсолнечника, которые содержат до 22 % белка, а также тыквенный порошок, содержащий до 15% белка [85,99,4].

В Белгородском университете потребительской кооперации проведены исследования макаронных изделий с использованием в качестве обогатительной добавки смеси хвоща, пророщенные зерна пшеницы и йодсодержащего мела. Что повышает за счет йода антиоксидантные свойства продукта, повышает содержание витаминов группы В, РР и Е [4,85,84].

Внесением в рецептуру макаронных изделий нетрадиционного сырья занимаются во ВГУИТ. Предложено вносить в состав муку полбы в количестве 20 % при мягком режиме замеса, что обогащает продукт. При этом цвет макаронных изделий и варочные свойства соответствуют стандартам [82]. В исследованиях Малютиной Т. Н. по свойствам макаронного теста и высушенных изделий при введении обогатителей муки из полбы, муки из семян чии и лецитина «VEROLEC FLS» отмечено увеличение количества сырой клейковины. Установлено хорошее качество клейковины и увеличение ее гидратационной способности, снижение значения критической влажности полуфабриката при сушке [83].

В Красноярском государственном торгово-экономическом институте предложен состав с облепиховым шротом, побочным сырьем при производстве облепихового масла. При данном решении повышается содержание белка, минеральных элементов, пищевых волокон и витаминов в готовом продукте [4,85]. Зарегистрированы рецептуры макаронных изделий с внесением крахмала тапиоки и альгината кальция как связующих веществ [4].

По данным ученых Вавиловского университета перспективным сырьем для производства макаронных изделий является светлозерная рожь. Макаронные

изделия из светлозерной ржи, по данным Делекешева А. Н. и др. (2018), соответствуют требованиям нормативных документов. При низкой себестоимости светлозерных сортов ржи, ее использование позволит расширить ассортимент макаронных изделий повышенной пищевой ценности [42,41,40,39].

В макаронном производстве так, как и в хлебопекарном, для повышения количества клейковины до 28 % используют улучшители или сухую пшеничную клейковину. Кроме повышения белка, это дает хорошие варочные свойства, улучшаются вид изделий, цвет и вкус [85,98].

Не только растительные добавки используются для повышения пищевой ценности продукции. Также набирает популярность использование рыбных белковых концентратов, дающих снижение потерь сухих веществ и улучшение реологических свойств теста. В Воронежской технологической академии сотрудниками разработаны рецептуры макаронных изделий с 3,5 % концентратов рыбных белков, полученных ферментативным способом [4,134]. Рыбный гидролизат (10-12 %) без отделения белкового остатка в процессе ферментативного гидролиза используют для макаронных изделий в Астраханском государственном техническом университете для повышения содержание всех незаменимых аминокислот в продукте [101,98].

В Японии предложены рецептуры с использованием рыбы, креветок, рыбной муки и рыбного филе, содержащего костные компоненты [4], а также мясного экстракта и мясного порошка [85,99,101]. В Германии для повышения содержания белка используют добавки из сушеных морских водорослей [4].

Таким образом, нарастающее количество посевных площадей твердой пшеницы не позволяет в настоящее время полностью покрыть потребность в макаронной продукции. Для этого проводится много исследований по поиску новых сырьевых баз. Но все же для получения качественных макаронных изделий необходимо подбирать сырье, более подходящее по качественным характеристикам основному сырью из твердой пшеницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обзоре литературы описаны различия качественных показателей зерна отечественных стандартов и зарубежных требований производств по содержанию и качеству клейковины, каротиноидных пигментов, стекловидности и натуре зерна.

Существенный вклад в формирование качества макаронной продукции вносит селекционная работа, направленная на улучшение качественных характеристик зерна. Работа селекционных центров ведется согласно современным требованиям производственных предприятий.

Сквозной анализ литературы показал, что на свойства макаронных изделий оказывают влияние совокупность факторов, связанных как с технологиями выращивания, так и с характеристиками сорта и вида пшеницы.

Проведен анализ ключевых показателей физико-химических и органолептических свойств зерна, напрямую оказывающих влияние на качество макаронных изделий. Выделены основные критерии формирования потребительских свойств крупки и макаронных изделий. Сделаны выводы о необходимости исследований по структурно-механические характеристикам, таким как показатели твердозерности, которые определяются морфологическими особенностями зерна, плотностью его белковой матрицы, размерами крахмальных зерен.

Приведены основания для необходимости исследований по использованию дополнительного сырья, соответствующего основным показателям качества, но не изменяющего свойств крупки и качества макаронных изделий.

2. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Постановка эксперимента

Экспериментальные исследования проводились в «УНИЛ по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции» и в лаборатории кафедры «Технологии продуктов питания» Вавиловского университета г. Саратов; в химико-аналитической лаборатории, лаборатории качества зерна и лаборатории селекции и семеноводства яровой твердой пшеницы ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока» г. Саратов; в «Центре реологии пищевых сред» ФГАНУ НИИХП г. Москва.

На первом этапе с целью выбора направления исследования проведён анализ зарубежной и отечественной литературы, а также патентных источников по твердой пшенице и макаронным изделиям из неё (рисунок 1).

Во втором этапе исследовательской работы изучены органолептические, физико-химические и структурно-механические свойства крупки из твердой и мягкой пшеницы Саратовской селекции;

Третий этап заключался в определении выхода крупки, изучении ее качественных характеристик согласно требованиям стандартов;

Четвертый этап исследований заключался в изучении готовых макаронных изделий на органолептические, структурно-механические, варочные свойства продукта и выявления несоответствий требованиям показателей качественного продукта для составления помольных партий;

Пятый этап заключался в изучении смесительной способности крупки твердой и мягкой пшеницы, определение варочных свойств изделий из композитных смесей, а также изучение их структурно-механических и цветовых характеристик для построения расчетной модели макаронных изделий с оптимальным соотношением пшениц Саратовской селекции. Разработка нормативной и технической документации, а также производственная апробация изделий.

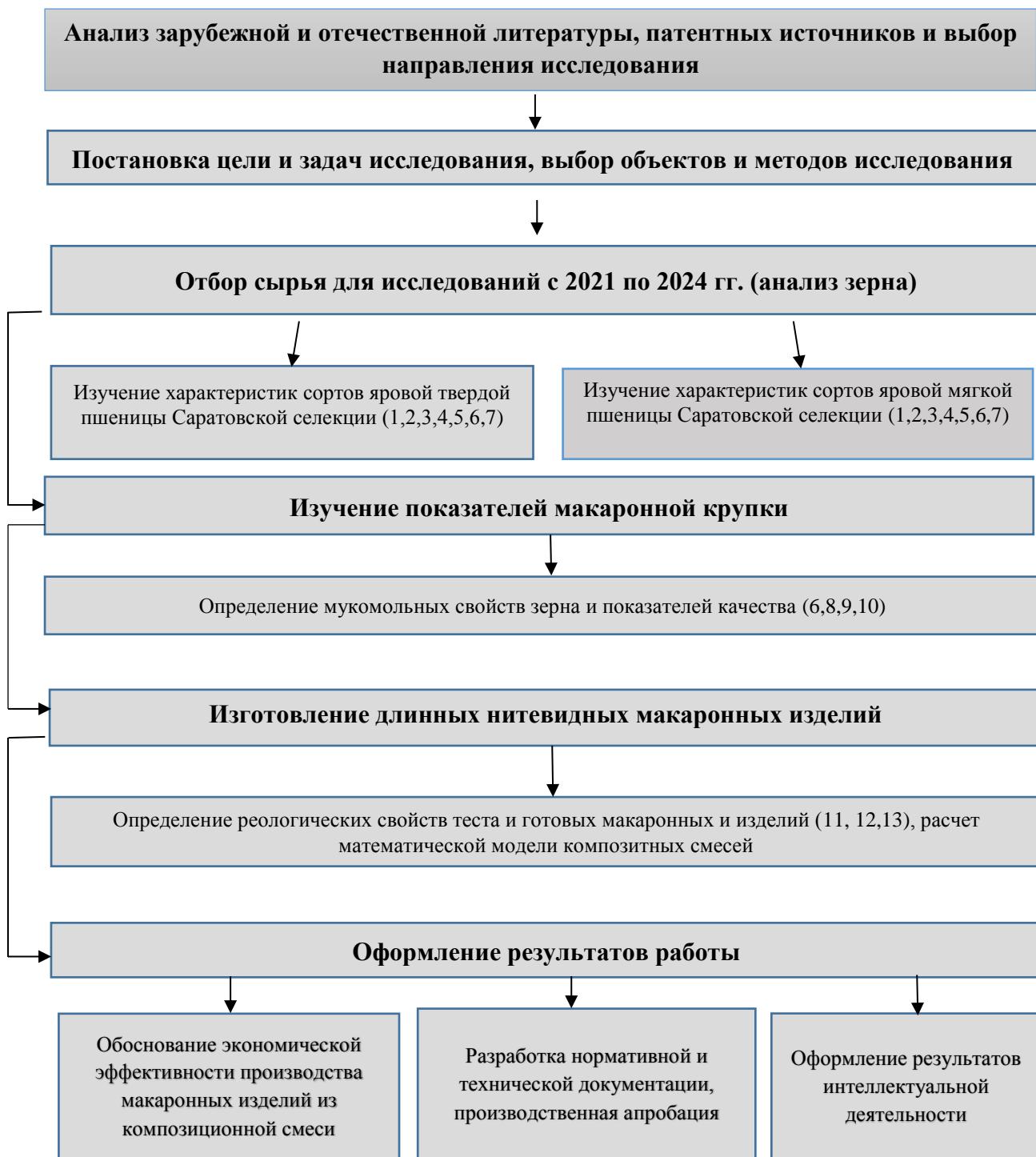


Рисунок 1 – Схема эксперимента:

1 – определение содержания белка в зерне, 2 – определение содержания каротиноидов в зерне, 3 – стекловидность зерна, 4 – масса 1000 зерен, 5- натура зерна, 6- определение количества и качества клейковины, 7 – микроСDS-седиментация шрота, 8 – определение цвета крушки, 9 – миксограмма муки, 10 – определение органолептических (вкус, цвет, запах), физико-химических свойств полуфабрикатов (кислотность, сохранность формы), 11 – определение варочных свойств полуфабрикатов, 12 – структурных свойств макаронных изделий, 13 – определение цветовых характеристик полуфабриката

2.2 Объекты исследования

В соответствии с целью и задачами диссертационной работы в качестве объектов исследований использовали следующее сырье и материалы:

- зерно яровой твердой пшеницы сортов Саратовской селекции: Луч 25, Тамара, Памяти Васильчука, Краснокутка 13, Гордеинформе 432, Елизаветинская, Саратовская золотистая.
- зерно высокостекловидной яровой мягкой пшеницы сортов: Саратовская 70, Александрит;
- образцы муки, выработанные из зерна яровой твердой и мягкой пшеницы Саратовской селекции;
- образцы крупки, выработанные из зерна яровой твердой и мягкой пшеницы Саратовской селекции;
- образцы макаронного теста;
- образцы макаронных изделий.

2.3 Методы исследования

2.3.1 Методы исследования зерна

Физико-химические свойства зерна изучали стандартизованными методиками по следующим показателям: влажность, стекловидность, объемная масса (натура), масса 1000 зерен, количество и качество сырой клейковины, содержание белка, зольность, содержание каротиноидных пигментов в зерне. Для дополнительных параметров использовались метод микроСDS-седиментации и определение показателей твердозерности.

Влажность зерна определяли по ГОСТ 13586.5-2015 «Зерно. Метод определения влажности».

Зольность зерна по ГОСТ 10847-2019 «Зерно. Методы определения зольности».

Объемную массу зерна определяли по ГОСТ 10840-2017 «Зерно. Методы определения натуры» [36].

Массы 1000 зерен - по ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян» [25].

Стекловидность определяли по ГОСТ 10987-76 «Зерно. Методы определения стекловидности» [22].

Количество и качество сырой отмытой клейковины муки были определены по ГОСТ 27839-2013 [31]. Качество клейковины муки определяли на измерителе деформации клейковины ИДК-1 с погрешностью не более 2,5 единиц.

Содержание белка по ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка» [26].

Сила муки оценивалась по методу микроСDS –седиментации, усовершенствованному в ФАНЦ Юго-Востока. Данный метод информативен в селекционной деятельности, положительно коррелирует с показателями силы муки на приборе фаринограф. Суть метода в том, что по высоте отстаивания осадка определяется сила или качество клейковины в образце. В пробирки помещается по 1 грамму размолотого зерна на мельнице Циклотек. Добавляется 4 мл дистиллированной воды и встряхивается энергично 5 раз, заткнув пробирку пальцами. После отстаивания в течение 7,5 мин, интенсивно встряхивают 7 раз и отстаивают еще 7,5 мин. После добавляют 12 мл рабочего раствора, который состоит из 1 части 9,4%-ного раствора молочной кислоты и сорока восьми частей 2%-ного SDS-додецилсульфата натрия. Затем пробирки закрывают резиновыми пробками и переворачивают одновременно 10 раз. Через 15 минутное отстаивание проводят измерения высоты осадка [10].

Содержание каротиноидов в исследуемых образцах зерна определялось по руководству «Методы оценки технологических качеств зерна ВАСХНИЛ» соответствующему Стандартному методу ICC и AACC 14-50.01 [108]. Метод основан на выделение каротиноидных пигментов экстракцией н-бутанолом с последующим спектрофотометрическим определением плотности раствора при длине волны 435,8 нм.

На информационно-измерительной системе для определения показателей реодинамики процесса дезинтеграции зерна пшеницы на базе прибора «Полиреотест ПРТ-1», включающего измельчитель зерна, были проведены исследования индекса твердости зерна. Это многопараметрический метод контроля технологических свойств пшеницы, дополнительно включающий определение показателей реодинамики, операции измельчения зерна пшеницы и динамики сжатия её зерновок [51,131].

График процесса измельчения зерна пшеницы включает в себя следующие этапы: характеристики деформации зерновок, находящихся в межвальцовом зазоре, с нарастанием напряжения до определенного уровня при появлении трещин и инициирующих релаксацию возникающего напряжения [131]; колебательные изменения крутящего момента, с определенным размахом, обусловленные выходом шрота из межвальцового зазора и поступлением новой локальной порции измельчаемого зерна; количество экстремумов (пиков) на кривой измельчения при смене локальных объемов массы зерна, поступающих в межвальцовый зазор; падение крутящего момента на приводе измельчителя до нулевого значения на окончании измельчения зерна [51,131].

Основными показателями реодинамики технологической операции измельчения пшеницы являются:

- Максимальный крутящий момент ($M_{kr.(max)}$, Н·м);
- Удельное количество механической энергии ($E_{уд.}$, кДж/кг);
- Индекс прочности ($I_{пр.}$, Н·м / % с.в.);
- Продолжительность измельчения зерна (τ , с);
- Количество пиков на кривой измельчения (N);
- Количество циклов вращения подвижного вальца при измельчении зерна (μ)

[131].

Реодинамика процесса измельчения пшеницы может быть описана уравнением П. А. Ребиндера, согласно которому полная энергия дробления (E) состоит из энергии деформации в объеме разрушаемого объекта V и энергии образования новых поверхностей ΔS :

$$E = k_1 \times V + k_2 \times \Delta S, \text{ кДж} \quad (1)$$

где: k_1 – коэффициент пропорциональности, равный энергии, затрачиваемой на деформирование единицы объема, кДж/м³;

V – объем измельчаемого материала, м³;

k_2 – коэффициент пропорциональности, равный энергии, затрачиваемой на образование единицы новой поверхности, кДж/м²;

ΔS – изменение площади поверхности, м²[131].

Классификация исследованных сортов пшеницы по группам в соответствии с установленными значениями показателя индекса твердости (Ih, Н·мм/%):

I группа - $\geq 32,0$ – высокотвердозерная пшеница;

II группа - $\geq 30,5 - \leq 32,0$ – среднетвердозерная пшеница;

III группа - $< 30,5$ – мягкоизерная пшеница.

В связи с этим, технологические свойства зерна ориентированы на использование в разных отраслях пищевой промышленности: I группа - для макаронной промышленности; II группа - для хлебопекарной промышленности; III группа - для кондитерской промышленности [51,131,132].

2.3.2 Методы исследования муки и крушки

Мукомольные качества исследуемых образцов пшеницы оценивали по продуктам размола зерна на лабораторных установках. Предварительно зерно доводили до влажности 15-17% и отволаживали в течение 16-18 часов. Размол производили согласно методу AACCI 26-50.01 на лабораторной вальцовой мельнице Брабендер Квадрумат Джуниор в три этапа: первый – валки № 1 и 2, второй – валки № 2 и 3, последний – валки № 3 и 4. Частота вращения вальцов 1410 об./мин. со скоростью 100 г/мин. Для оценки технологических качеств крушки и муки проводили лабораторные односортные помолы с ручным рассевом на ситах размер 670 мкм, 400 мкм, 90 мкм, муку – на сите с ячейками размером 250 мкм [10]. Для оценки промышленных выходов крушки проводили размолы с рассевом согласно ГОСТ 31463-2012 на три сорта: высший (крупка) – размер частиц 560-315 мкм; первый (полукрупка) – размер частиц 315-220 мкм; второй (мука) – проход 220 мкм [28]. Муку для миксографа получали на мельнице QA-239 (сито с ячейками размером 250 мкм).

Полученное сырье оценивали по перечню показателей качества в соответствии с ГОСТ 26574-2017 [34].

Количество и качество сырой отмытой клейковины муки были определены по ГОСТ 27839-2013 [31].

Амилолитическую активность оценивали на основе числа падения, определяемого на приборе ПЧП-3. Прибор применяется в лабораториях хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятий, Госхлебинспекции, хлебозаводов и других предприятий АПК. Принцип действия аппарата основывается на реализации метода Хагберга-Пертена по измерению «числа падения» (международные стандарты ICC № 107, ISO № 3093-2016 [32] и ГОСТ 27676-88 [23]). Метод базируется на скорой клейстеризации водной суспензии муки в кипящей водяной бане и последующим ее разжижением под действием амилолитических ферментов. Степень разжижения зависит от активности фермента α -амилазы и от свойств крахмала. Вязкость клейстера определяется по скорости погружения в него шток-мешалки. Длительность погружения (секунды) является показателем «числа падения» [8,126].

Цвет муки и крупки определялся на спектрофотометре Spekol-10 [10]. Метод основан на степени отражения света от белого и черного тела на трех основных цветовых спектрах: красный, зеленый и синий. Для определения цвета в пшенице используют два спектра: зеленый и синий, так как различия есть только по степени основного цвета – желтого. Индекс желтизны крупки измеряется степенью отражения при длине волны $\lambda=546,1$ нм и $\lambda=435,8$ нм. Степень желтизны ($b\%$) вычисляется по формуле, исходя из полученных значений:

$$b\% = \frac{7,25(Y-Z)}{\sqrt{Y}} ; \quad (2)$$

$$b\% = \frac{7,67(Y-Z)}{\sqrt{Y}} , \quad (3)$$

Y – процент отражения крупки при $\lambda = 546,1$ нм; Z – процент отражения семолины при $\lambda = 435,8$ нм.

(2) – для крупки;

(3) – для муки [10,47]

Реологические показатели теста в процессе замеса определяли на миксографе. Оценка качества крупки используется чаще в селекции на миксографе,

чем на фаринографе. Связано это с частой нехваткой материала для исследования. Данная методика входит в перечень необходимых методик оценки реологических свойств теста в США и Канаде. Впервые данную оценку в России стали проводить с 1985 года. Сущность метода заключается в измерении и записи сопротивления теста смещиванию. Прибор состоит из небольшого тестомесителя, который сконструирован таким образом, что сила, необходимая для поворота головки над статичной чашей с тестом, измеряется и записывается в виде графической кривой (миксограммы). Во время измерения сила увеличивается до максимума, а затем уменьшается, когда тесто перемешивается слишком сильно. Для сортов местной селекции пришлось увеличить шкалу миксографа с 8 до 10 баллов, а влажность теста доводили не до 45,5%, а до 46,5%. Связано это с особенностями местного климата и сортов, формирующих очень сильную клейковину. Установлено, что миксограмма в 9 баллов полностью положительно коррелирует с фаринограммой в 9 баллов [10].

2.3.3 Методы исследования макаронных изделий

Макаронные изделия получали на поршневом вертикальном прессе спагетном лабораторном ПСЛ-13, разработанном Н.тС. Васильчуком, Е. Н. Смирновым и Ю. В. Головенко в 1992 году (рисунок 2). Данный пресс предназначен для получения длинных нитевидных макаронных изделий (спагетти) диаметром 1,8 мм путем выдавливания теста поршнем (при ламинарном движении) из загруженного в полость цилиндра образца массой 25-50 грамм [10], что соответствует технологическому процессу производства длинных нитевидных макаронных изделий на предприятиях. Крупка предварительно проходила стабилизацию в сухом и темном месте 7-10 дней. Замес теста для изготовления макаронных изделий осуществлялся вручную, теплым замесом с предварительным определением влажности крупки. Навеску 50 г образца доводили до влажности 34% [32,10,101]. Первоначально тесто проминали руками в течение 3-5 минут, потом зубчатым валиком еще 3 минуты. Общее время замеса 8 минут. Вручную придавали тесту форму жгута диаметром 2,0-2,3 см с последующим перемещением

в разогретый до 50° С рабочий цилиндр пресса ПСЛ-13 с завернутой заглушкой вместо матрицы. Помещали под винтовой пресс для гомогенизации на тесто в течение 10 минут. Затем усилие снимали, меняли заглушку на матрицу для длинных нитевидных макаронных изделий диаметром 1,8 мм и помещали в поршень пресса спагеттного ПСЛ-13 для выпрессовывания тестовых заготовок под давлением 8 МПа в течение 2 минут [10].



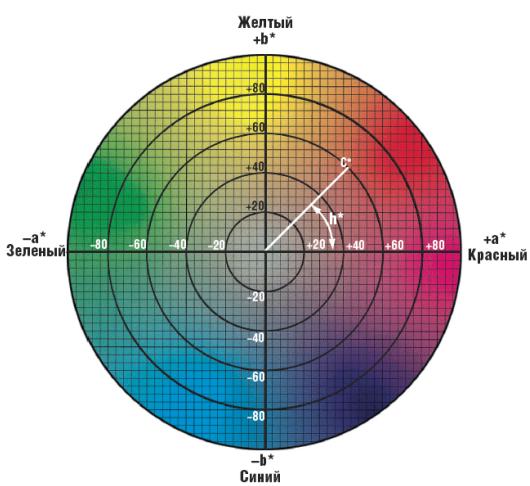
Рисунок 2 – Пресс спагеттный лабораторный ПСЛ – 13

Гидротермическая обработка выпрессованных макаронных изделий не проводилась в связи с использованием мягкого режима сушки. Режим сушки осуществлялся в сушильном шкафу ТС-200 СПУ по одностадийной схеме до достижения в конце ее потребительской влажности изделий (параметры сушильного воздуха: скорость 1 м/с, температура 40°C, относительная влажности 80%, для этого установили датчик влажности воздуха в шкафу и парогенератор). Данные условия являются необходимыми при мягком режиме сушки, чтобы в процессе не образовывались микротрешины, которые приведут к ломкости макаронных изделий. Сушка осуществлялась 24 часа, затем выключали парогенератор и макаронные изделия оставляли в охлаждающемся шкафу на 4 часа для снижения температуры до комнатной. Затем длинные нитевидные макаронные изделия извлекали и заворачивали в темную бумагу и оставляли на стабилизацию не менее 10 суток в темном месте [10,47,89,101,112].

Органолептические, физико-химические показатели и варочные свойства макаронных изделий исследовали по ГОСТ 31964-2012 «Изделия макаронные. Правила приёмки и методы определения качества» по показателям: вкус и запах, внешний вид изделий, наличие ломаных и деформированных изделий, влажность, кислотность, время варки до готовности, коэффициент развариваемости, отсутствие амбарных вредителей [29,112,89,101].

Цвет сухих макаронных изделий оценивали визуально по 9 балльной шкале [10], и определяли цвет макаронных полуфабрикатов на колориметре NR 110 [49].

Метод основан на геометрии измерений 8/d. Он не учитывает различия в текстуре объектов и измеряет цвет независимо от других факторов. Данный метод позволяет определить цвет в цветовых характеристиках: красный-зеленый (+a, -a), желтый-синий (+b, -b). На основе данных координат высчитывается степень цветности изделия (C) и координата освещленности, которая варьируется от отсутствия отражения для черного ($L = 0$) до идеального рассеянного отражения для белого ($L=100$) (рисунок 3). Прибор был откалиброван со значениями цветовой гаммы $Y = 93,13$, $x = 0,3138$, $y = 0,3199$.



L^* – ось светлость (0- черный, 100- белый);
 a^* = красный - зеленый («+» значения красного, «-» значения зеленый, 0 является нейтральным);
 b^* = синий - желтой («+» желтый, «-» синий, 0 является нейтральным);
 C – степень цветности;
 h_{ab} – угол цветового тона [47,49].

Рисунок 3 – Принцип работы колориметра NR 110 на графике цветовых характеристик

Цвет образцов определялся путем расчета степени белизны, цветности (C^*), общей характеристики цвета ΔE по следующим уравнениям[160,47,49]:

$$\Delta E^*_{ab} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$\% \text{ of } \Delta E^*_{\max} = (\Delta E^* \times 100) / \Delta E_{\max}, \quad (5)$$

$$C^*_{ab} = ((a^*)^2 + (b^*)^2), \quad (6)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*), \quad (7)$$

$$\Delta H = ((\Delta E^* ab)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2) / 2 \quad (8)$$

где L^* – ось светлость (0- черный, 100- белый);

a^* = красный - зеленый ("+" значения красного, "-" значения зеленый, 0 является нейтральным);

b^* = синий - желтой ("+" желтый, "-" синий, 0 является нейтральным);

ΔE_{max} – стандартная величина ($\Delta E_{max} = 196,98$)

Величина ΔE показывает разность стандарта и взятого образца, не указывая направление изменения (за-за L , a , b или их вариаций). Определение угла цветового тона говорит нам об абсолютной разнице цвета, а ΔH описывает евклидову разницу в цвете от стандарта [49].

Наиболее значимыми при оценке качества макаронных изделий являются показатели варочных свойств макарон: развариваемость и прочность на излом. Макаронные изделия, в зависимости от вида, должны увеличиться объеме после варки в не менее чем в 2 раза (практически в 3 или 4 раза). С увеличением срока хранения снижается объем развариваемости изделий [8].

Прочность макаронных изделий на излом определяется только у макаронных изделий диаметром более 5 мм [8]. Силу излома полуфабриката макаронных изделий проводили на приборе Ametek BROOKFIELD CT-3 [51]. Методика основана на определении предельного усилия нагружения (F_{pp}) и предела прочности при изгибе на инденторе (σ_p) «Пластина», прикладываемом с определенной скоростью движения 0,5 мм/с вниз до его касания середины макаронного изделия с усилием 6,8 г, помещенного на две опоры столика с расстоянием 1 мм, которое обусловлено диаметром d_m макаронных изделий. Диаметр выработанных макаронных изделий 1,8 мм.

Подготовленные пробы макарон устанавливают на столик с опорами прибора под индентором «Пластина», который подводят к изделию и нажимают кнопку «СТАРТ», предварительно установив режим работы прибора СТ-3 [50]. Предел прочности при изгибе на инденторе (σ_p) рассчитывается по формуле:

$$\sigma_p = F_{pp}^{cp} \times l(4 \times W_z), \text{ МПа}; \quad (9)$$

где F_{pp}^{cp} – среднее значение предельного усилия нагружения, Н;

l – расстояние между опорами, м;

$$l = 10d_m + 30, \text{ м}; \quad (10)$$

где d_m – диаметр макаронных изделий, м.

W_z – момент сопротивления поперечного сечения макаронных изделий, m^3 .

$$W_z = \pi \times d_h^3 / 32 = 0,1 \times d_m^3, m; \quad (11)$$

где d_m – диаметр макаронных изделий, м.

Деформированные изделия вырабатываются при несоблюдении технологии производства или использовании некачественной крупки. Лом и крошка образуются при использовании некачественного сырья, нарушении технологии производства, несоблюдении условий хранения продукта, в частности сушки изделий, а также механических воздействиях при упаковке, перевозке и хранении изделий [8].

Коэффициент сохранности формы длинных нитевидных макаронных изделий и количества сухого вещества, перешедшего в варочную воду, оценивали по ГОСТ 31964-2012 «Изделия макаронные. Правила приемки и методы определения качества» [29].

Титруемую кислотность макаронных изделий определяли по аналогии с определением кислотности муки по ГОСТ 27493–1987 «Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке».

2.4 Математические методы обработки данных

Для суммирования и статистической обработки полученных данных по показателям качества зерна и реологическим свойствам теста из образцов пшениц различных видов и сортов сгруппированы экспериментальные данные и объединены в таблицы.

Эмпирические данные рассмотрены методами описательной статистики, выполнены статистические анализы с помощью дисперсионного анализа для сопоставления различных групп по одному и тому же показателю с целью нахождения сопоставления между ними (по сортам и показателям).

Для описания зависимостей между показателями технологических свойств зерна и его макаронными достоинствами применены методы корреляционного,

дисперсионного и регрессионного анализов с расчетами парной и множественной регрессии с использованием программ Microsoft Excel 2007 и AgroS 2.09 2001.

Для графического представления результатов корреляционных анализов был задействован программный пакет продуктов Microsoft Excel 2007. На основе регрессионного анализа построены математические модели зависимостей показателей качества зерна и крупки, твердозерности зерна, варочных и органолептических свойств макаронных изделий от вида и сорта пшениц.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНА И КРУПКИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

3.1 Определение физико-химических показателей качества зерна

Для получения качественного продукта необходимо сырье, соответствующее нормативным документам. Приемку зерна на предприятиях нашей страны осуществляют по ГОСТ 9353-2016 [34], а также по дополнительным требованиям производств. В связи с этим исследования производились с учетом всех составляющих оценки качества зерна для переработки в муку для макаронной продукции. Методики исследования представлены в разделе 2.3.

В данном разделе представлены результаты изучения показателей зерна яровой твердой и яровой мягкой высокостекловидной пшеницы исследуемых сортов. Для дальнейшей качественной оценки образцов был проведен анализ характеристики сортов по типовому составу (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика сортов по типовому составу (2021-2024 гг.)

Название сорта	Тип	Содержание зерен пшеницы других типов, %	Подтип	Характеристика подтипа	
				Цвет	Общая стекловидность, %
Гордеiforme 432	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	80
Саратовская золотистая	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	84
Луч 25	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	86
Памяти Васильчука	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	89
Тамара	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	85
Краснокутка 13	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	75
Елизаветинская	II — твердая яровая	0	1	Темно-янтарный.	93
Саратовская 70	III — мягкая яровая белозерная	0	1	-	63
Александрит	I — мягкая яровая краснозерная	0	1	Темно-красный	83
				HCP _{0,5}	16,24

Согласно нормативным документам при приемке зерна определяется его типовой состав. Яровая твердая пшеница исследуемых сортов относится ко II типу 1 подтипу, яровая мягкая пшеница Саратовская 70 – к III типу 1 подтипу, яровая мягкая пшеница сорта Александрит – к I типу 1 подтипу. Это соответствует видовому составу сортов и указывает на стабильность изменяющихся природных признаков. Стоит отметить, что по показателю стекловидности зерна сорт Александрит не уступает показателям твердой пшеницы.

Качественные характеристики сырья закладывают качество получаемой продукции, поэтому эти характеристики являются доминирующими при приеме зерна на перерабатывающих предприятиях. Данные характеристики качества зерна яровой твёрдой и мягкой пшеницы исследуемых сортов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества исследуемых сортов зерна пшеницы (2021-2024 гг.)

Название сорта	Показатели качества				
	Натура, г/л	ЧП*, сек	Массовая доля белка, %	Количество клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК
Гордеiforme 432	801	415	14,2	30,1	93,4
Саратовская золотистая	784	411	14,4	31,2	83,9
Луч 25	790	447	14,3	31,2	87,3
Памяти Васильчука	800	434	14,8	32,3	64,5
Тамара	806	437	13,6	29,2	83,5
Краснокутка 13	802	443	14,2	30,9	88,6
Елизаветинская	797	446	14,9	32,2	77,4
Саратовская 70	837	319	11,5	25,2	70,2
Александрит	790	332	15,8	36,7	82,6
НСР _{0,5}	27,05	23,09	1,27	6,31	12,13

*Число падения

Показатель стекловидности зерна при приемке на мукомольные предприятия является нормированным и одним из основных показателей качества сырья. Он определяет выход качественной крупки. Высокий показатель стекловидности зерна яровой твердой пшеницы является видовым признаком. Установлено, что за годы исследования соответствовали 1 классу качества и обладали высоким показателем стекловидности следующие сорта: Елизаветинская (93%), Памяти Васильчука (89%), Луч 25 (86%), Тамара (85%), Саратовская золотистая (84%), Гордеiforme

432 (80%). Сорт Краснокутка 13 по показателю стекловидности соответствует 3 классу (таблица 2).

Исследуемые сорта яровой мягкой пшеницы являются высокостекловидными. Например, за годы исследования сорт Александрит формирует стабильно высокую стекловидность (86%). Это соответствует 1 классу качества зерна. Рынок макаронных изделий формирует спрос на зерно со стекловидностью не менее 80%, поэтому заданным характеристикам перерабатывающих предприятий не соответствуют сорта Краснокутка 13 (75%) и Саратовская 70 (63%).

Исследования многих ученых доказали, что стекловидность зависит от погодных условий выращивания, своевременной уборки урожая и агротехники [10]. Это подтверждается и в данном исследовании. Стекловидность зерна не имела значимых корреляционных связей с натурой зерна ($r^*= -0,10...-0,87$), с содержанием белка ($r^*= -0,13...0,75$) и содержанием сырой клейковины в зерне ($r^*= -0,29...0,68$). Связано это с зоной рискованного земледелия с нестабильными год от года погодными условиями в период выращивания и сборов сырья.

Число падения зерна оценивает степень прорастания зерна и характеризует состояние углеводно-амилазного комплекса. Чем ниже данный показатель, тем выше активность фермента. Соответственно, ниже качество сырья, используемого на переработку. В отобранных образцах за время исследования не было обнаружено высокой активности альфа-амилазы, что соответствует 1 классу зерна для твердой яровой пшеницы и мягкой яровой пшеницы согласно НД (таблица 2).

По данным таблицы 2, по показателю натура зерна все исследуемые сорта пшеницы относятся к 1 классу по НД. Натура зерна определяет выполненност зерна, что позволяет судить о его пищевой ценности [34]. Данный показатель позволяет рассчитать объем складского помещения для хранения и выхода крупки. Ведущие мировые предприятия по производству макаронной продукции предъявляют требование по показателю натура зерна не менее 790-800 г/л. Среди исследуемых сортов значимые показатели натуры зерна у сортов твердой пшеницы Тамара (806 г/л), Краснокутка 13 (802 г/л), Памяти Васильчука (800 г/л),

Елизаветинская (797 г/л) и мягкой пшеницы сорта Александрит (790 г/л). Тогда как сорт мягкой пшеницы Саратовская 70 в условиях Поволжья формирует натуру зерна выше, чем у сортов твердой пшеницы на 4-8% (таблица 2). Стоит отметить, что на данный показатель влияют следующие факторы: масса 1000 зерен, влажность и засоренность зерна (таблица 3). Масса 1000 зерен является важным признаком твердой пшеницы, позволяющим определить выход крупки [10]. Оптимальным показателем считается масса более 35 г. С 2020 по 2024 года исследуемые сорта показали оптимальный результат. Наибольшая масса 1000 зерен у сортов Луч 25 (49,9 г.), Тамара (47,7 г.). Корреляционная зависимость между показателями натуры зерна и массой 1000 зерен $r^* = -0,33\dots -0,40$.

Таблица 3 – Показатели качества зерна яровой пшеницы, влияющие на натуру зерна (2021-2024 гг.)

Название сорта	Показатели качества			
	Масса 1000 зерен, г	Влажность, %	Сорная примесь, %	Зерновая примесь, %
Гордеiforme 432	43,6	12,0	0,3	1,5
Саратовская золотистая	45,9	11,9	0,1	1,1
Луч 25	49,9	12,1	0,3	0,9
Памяти Васильчука	45,5	12,1	0,2	0,8
Тамара	47,7	11,9	0,1	0,7
Краснокутка 13	46,2	12,0	0,1	1,8
Елизаветинская	45,9	11,9	0,1	0,8
Саратовская 70	39,9	12,0	0,2	1,5
Александрит	36,8	12,1	0,1	1,3
HCP _{0,5}	5,41	0,24	0,13	0,27

По уровню влажности зерно сухое, не более 14%, что соответствует требуемым показателям НД. Содержание сорной и зерновой примеси в заданных пределах НД, испорченные зерна отсутствуют.

Для производства макаронной продукции содержание белка играет ключевую роль в оценке качества сырья. При приемке сырья содержание белка в нем определяет питательную и технологическую ценность зерна. Наибольшее содержание белка, в среднем 15,8%, в ходе исследования определено в зерне сорта Александрит. Это соответствует 1 классу качества для мягкой пшеницы. Сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 за время исследования обладал показателем 12,0%, что соответствует 3 классу качества. Сорта яровой твердой

пшеницы по показателю содержания белка более 13,5% соответствуют 1 классу качества.

Рынок макаронных изделий формирует спрос на зерно с содержанием белка не менее 15%. Из отобранных образцов по этому показателю за годы исследования выделяется сорт яровой мягкой пшеницы Александрит (15,8%). Из образцов яровой твердой пшеницы стабильно высокое содержание белка отмечено у сортов Памяти Васильчука (14,9%) и Елизаветинская (14,8%).

Количество и качество сырой клейковины являются важнейшими показателями качества муки для макаронных изделий. В связи с этим, при приемке зерна к нему предъявляют повышенные требования. Согласно нормативным документам при приеме зерна на перерабатывающие мукомольные предприятия, количество сырой клейковины в зерне 1 класса для твердой пшеницы должно быть не менее 28,0%. Как известно, показатель содержания сырой клейковины в зерне является сортовым признаком и напрямую зависит от количества содержания белка в зерне. Это подтверждается в нашем исследовании (рисунок 4).

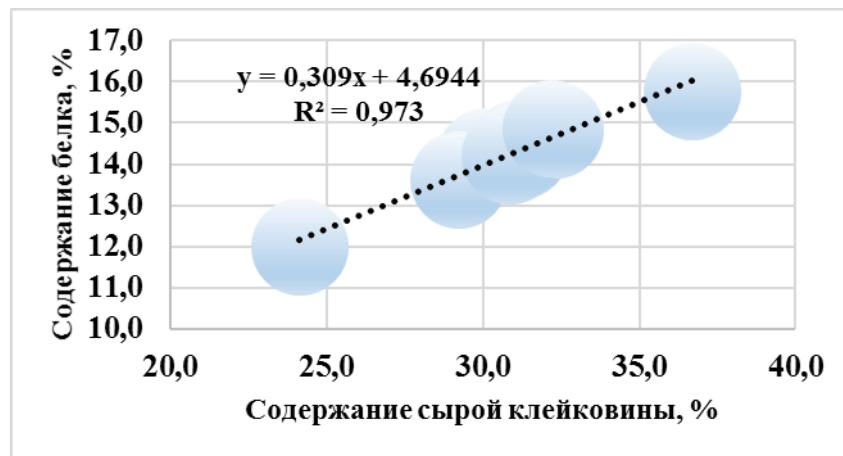


Рисунок 4 – Линейная корреляционная зависимость содержания белка и содержания сырой клейковины в зерне (среднее за 2021-2024 гг.)

Исследуемые сорта твердой пшеницы по показателю количества клейковины в зерне относятся к 1 классу. Наибольшее количество содержания сырой клейковины в зерне сортов Памяти Васильчука (32,3%), Елизаветинская (32,2 %), Луч 25 (31,2%) и Саратовская золотистая (31,2%).

Из исследуемых сортов мягкой пшеницы 1 классу качества по показателю содержание сырой клейковины соответствует сорт Александрит (36,7%). За время

исследования этот показатель является наибольшим показателем среди образцов. Количество клейковины в зерне сорта Саратовская 70 по сравнению с сортом Александрит меньше на 45,6% (25,2%), что соответствует 3 классу.

Согласно ГОСТ 9353-2016, к I группе по качеству клейковины в зерне среди сортов яровой мягкой пшеницы относится сорт Саратовская 70. Сорт яровой мягкой пшеницы Александрит в среднем относился ко II группе качества клейковины (таблица 2).

Образцы яровой твердой пшеницы по качеству, определяемому на ИДК-3, соответствуют ГОСТ 9353-2016 (таблица 2). Показатель качества клейковины не различим для основных классов зерна твердой пшеницы по НД и имеет числовой диапазон 18 – 102 ед. пр. ИДК. Поэтому селекционерами более 30 лет используется метод определения микроSDS-седиментации. Данный метод информативен для различения групп качества клейковины, определяется при небольшом количестве образца, что очень важно в селекционной работе, и положительно коррелирует с балльной оценкой миксограммы и показателями качества образцов на приборе ИДК-3 [10].

Установлено, что сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 70, имеющий I группу по качеству клейковины, обладает высокой микроSDS-седиментацией и относится к сильной клейковине более 45 мл. (таблица 4).

Таблица 4 – Показатель микроSDS-седиментации для исследуемых образцов яровой пшеницы за 2021-2024 гг.

Наименование образца	микроSDS-седиментация, мм	микроSDS-седиментация, мл
Яр. тв. пш. сорта Гордеiforme 432	35	34
Яр. тв. пш. сорта Саратовская золотистая	43	39
Яр. тв. пш. сорта сорта Луч 25	49	43
Яр. тв. пш. сорта Памяти Васильчука	49	43
Яр. тв. пш. сорта Тамара	40	37
Яр. тв. пш. сорта Краснокутка 13	36	35
Яр. тв. пш. сорта Елизаветинская	43	39
Яр. мяг. пш. сорта Саратовская 70	65	53
Яр. мяг. пш. сорта Александрит	45	40
HCP _{0,5}	4,31	4,22

По показателю седиментации за время исследования к группе слабой клейковины относятся сорта Гордеiforme 432 и Краснокутка 13 (менее 36 мл.). К удовлетворительной по качеству клейковине относятся сорта Памяти Васильчука, Луч 25, Александрит, Елизаветинская, Саратовская золотистая, Тамара.

Также установлено, что микроSDS-седиментация за 2021-2024 гг. обладает значительной линейной зависимостью от следующих варьирующихся по годам параметров:

- содержания белка в зерне ($r^* = -0,55 \dots - 0,75$),
- числа падения (ЧП) ($r^* = -0,48 \dots - 0,60$),
- количества сырой клейковины ($r^* = -0,50 \dots - 0,71$),
- качества клейковины на ИДК-1 ($r^* = -0,66 \dots - 0,70$).

На производственных предприятиях при приеме зерна на переработку в крупку для макаронных изделий необходимо спрогнозировать цветовые характеристики продукта. Для этого используют показатель содержания каротиноидных пигментов. Оптимальным содержанием считается содержание каротиноидов не менее 450-500 мг/%, но более ценятся сорта с содержанием более 600 мг/%.

При исследовании цветовых характеристик зерна установлено, что наименьшим содержанием каротиноидных пигментов обладает сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 70. Это является нормой для мягкой пшеницы. Отрицательное отклонение от допустимого значения содержания каротиноидов выявлено у сорта яровой твердой пшеницы Краснокутка 13 (рисунок 5).



Рисунок 5 – Показатель содержания каротиноидных пигментов в исследуемых образцах среднее (2021-2024 гг.), мг/%

Оптимальным, соответствующим стандарту по данному показателю содержанием каротиноидных пигментов обладают сорта Саратовская золотистая, Тамара, Памяти Васильчука, Елизаветинская, Александрит (рисунок 5).

По рисунку 6 видно, что максимальное отклонение по содержанию каротиноидных пигментов в зерне от минимального необходимого показателя наблюдается у сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70. Также не соответствует заданным параметрам производств показатель у сорта Краснокутка 13. Все остальные сорта в процессе исследования показали оптимальные значения показателя содержания каротиноидов.

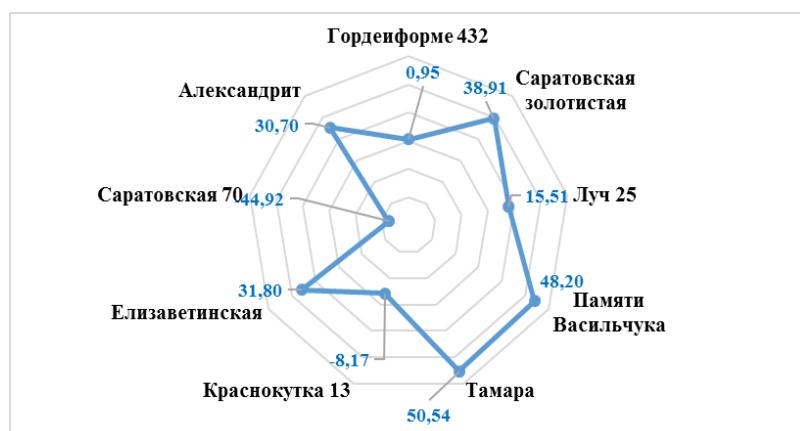


Рисунок 6 – Отклонение значений по содержанию каротиноидных пигментов от минимального требуемого значения в исследуемых образцах (2021-2024 гг.), %

Согласно ГОСТ 31491-2012, сырье при приемке для производства крупки на макаронную продукцию должно соответствовать качеству не ниже 3 класса по ГОСТ 9353-2016. Установлено, что исследуемые сорта соответствовали нормативным документам (таблица 5).

Таблица 5 – Определение класса зерна согласно полученным показателям качества (2021-2024гг.)

Название сорта	Наименование показателя						Класс
	Цвет	Запах	Влажность, %	Сорная примесь, %	Зерновая примесь, %	Испорченные зерна, %	
Гордеiforme 432	Свойственный здоровому зерну пшеницы, без плесневого, солодового, затхлого и других посторонних запахов [33]	Свойственный здоровому зерну пшеницы, без плесневого, солодового, затхлого и других посторонних запахов [33]	12,0	0,3	0	0	1
Саратовская золотистая			11,9	0,1			1
Луч 25			12,1	0,3			1
Памяти Васильчука			12,2	0,2			1
Тамара			11,8	0,1			1
Краснокутка 13			11,0	0,1			3
Елизаветинская			11,2	0,1			1
Саратовская 70			12,0	0,2			3
Александрит			12,2	0,1			2

Количество и качество клейковины советуют необходимым показателям производства не ниже II группы качества. Это подтверждается исследованием на микроSDS-седиментацию.

Экспериментально доказано следующее. В соответствии с современными требованиями перерабатывающих производств для получения оптимальных параметров макаронной крупки подходит зерно яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука, Елизаветинская и Тамара.

3.2 Выход крупки и его зависимость от показателей качества зерна

Определение выхода крупки при размоле зерна является значимым показателем для мукомольных производств. Мукомольные свойства зерна твердой яровой пшеницы заключаются в его способности давать муку сортов высокого качества (крупку и полукрупку) с наибольшим выходом при оптимизированных условиях переработки для меньших затрат энергии. Помольные свойства зерна характеризует комплекс показателей: количество и качество извлеченной крупы, степень вымалываемости, общий выход и качество муки, выход и качество крупки высшего и первого сортов. Эти показатели зависят от качества зерна пшеницы: стекловидности, натуры, массы 1000 зерен, количества и качества клейковины. Мукомольные свойства зерна новых сортов яровой твердой пшеницы Саратовской селекции сравнительно мало изучены.

Согласно пункту 3.1, все исследуемые сорта соответствуют стандартам качества нормативных документов на приемку зерна для производства крупки на макаронную продукцию и соответствуют 1, 2 и 3 классу зерна. Для подготовки зерна к размолу проводится его увлажнение до показателя 16-17% с последующим отволаживанием в течение 18 часов.

По ГОСТ 31463-2012 [23], размол зерна твердой пшеницы для переработки на макаронные изделия делят на три группы: высший (крупка) – размер частиц 560-315 мкм; первый (полукрупка) – размер частиц 315-220 мкм; второй (мука) –

проход 220 мкм (таблица 6). Первые два сорта используют для производства макаронной продукции.

Таблица 6 – Выход крупки исследуемых сортов твердой пшеницы согласно ГОСТ 31463-2012 (2021-2024 гг.)

Название	Показатели									
	Высший (крупка), %		Первый (полукрупка), %		Второй, %		Общий выход, %	Отруби, %		Потери, %
	Выход	Зольность	Выход	Зольность	Выход	Зольность		Выход	Зольность	
Яр. тв. пш. Гордеiforme 432	48,1	0,69	13,0	0,82	12,1	1,75	73,2	23,6	2,28	3,2
Яр. тв. пш. Саратовская золотистая	50,4	0,73	15,0	0,94	12,5	1,72	77,9	19,1	3,06	3,0
Яр. тв. пш Луч 25	52,0	0,71	14,0	0,91	11,2	1,74	77,2	19,7	3,63	3,1
Яр. тв. пш. Памяти Васильчука	50,2	0,74	16,0	0,89	12,1	1,65	78,3	18,5	3,29	3,2
Яр. тв. пш. Тамара	48,0	0,68	17,8	0,93	12,8	1,82	78,6	18,3	3,54	3,1
Яр. тв. пш. Краснокутка 13	46,1	0,70	13,2	0,87	13,7	1,50	73,0	24,2	5,45	2,8
Яр. тв. пш. Елизаветинская	48,9	0,66	17,3	0,91	11,8	1,71	78,0	19,2	3,24	2,8
HCP _{0,5}	0,83	0,06	1,48	0,03	0,36	0,03	2,07	0,58	0,45	-

Экспериментально установлено, что лучшим является выход крупки высшего сорта у яровой твердой пшеницы Луч 25 (52%), Саратовская золотистая (50,4%) и Памяти Васильчука (50,2%). Хороший результат по данному показателю у сортов яровой твердой пшеницы Елизаветинская (48,9%), Гордеiforme 432 (48,1%). Сорт Тамара при относительно большой массе зерна и высокой стекловидности, показал небольшой выход крупки – 48%.

Зольность всех полученных образцов высшего сорта имеет необходимые заданные значения мене 0,90% для твердой пшеницы.

Наибольший выход полукрупки первого сорта из исследуемых образцов показали яровая твердая пшеница Тамара (17,8%), Памяти Васильчука (16,0%), Елизаветинская (17,3%), Саратовская золотистая (15,0%) и Луч 25 (14%).

Небольшой выход муки 2 сорта имели сорта яровой твердой пшеницы Луч 25 (11,2%), Елизаветинская (11,8%) Гордеiforme 432 (12,1%) и Памяти Васильчука (12,1%). Зольность данного класса полученного сырья также соответствовала параметрам, заданным НД.

По исследованию продуктов размола мягкой высокостекловидной пшеницы при трёхсортном рассеве на сорта экстра, высший (крупка) и первый (полукрупка), выявлено, что общий выход размола составил для сорта Саратовская 70 – 66,6%, сорта Александрит – 75,6 % (таблица 7). Данные показатели полностью соответствуют показателям НД для мягкой пшеницы. Сорта мягкой пшеницы имели выход крупки ниже на 5,5-18,5 % в отношении сортов твердой пшеницы.

Таблица 7 – Выход крупки исследуемых сортов мягкой пшеницы согласно ГОСТ 31491-2012 (2021-2024 гг.)

Название	Показатели									Потери, %	
	Экстра		Высший (крупка), %		Первый (полукрупка), %		Общий выход, %	Отруби и мука, %			
	Выход	Зольность	Выход	Зольность	Выход	Зольность		Выход	Зольность		
Яр. мяг. пш. Саратовская 70	18,1	0,52	20,3	0,59	28,2	0,61	66,6	30,1	4,35	3,3	
Яр. мяг. пш. Александрит	19,5	0,51	31,4	0,62	24,7	0,75	75,6	21,4	4,80	3,0	

Согласно Правилам организации и ведения технологического процесса на мельницах, устанавливающих нормы выхода продуктов помола для макаронной промышленности, при 3-х сортном размоле зерна твердой и мягкой пшеницы общий выход должен быть не менее 75% [101]. Таким образом, высоким общим выходом размола, соответствующему нормам, обладают яровая твердая пшеница сортов Тамара (78,6%), Памяти Васильчука (78,3%), Елизаветинская (78,0%), Саратовская золотистая (77,9%) и Луч 25 (77,2%). Для макаронной промышленности при размоле мягкой высокостекловидной пшеницы заданным показателям соответствует сорт Александрит (75,4%).

При этом выход макаронной крупки высшего и первого сортов ($HCP_{0,5}=0,95$), идущей на дальнейшую переработку на макаронные изделия, самый высокий у сортов яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука (66,2%), Елизаветинская (66,2%), Луч 25 (66,0%), Тамара (65,8%), Саратовская золотистая (65,4%) (рисунок 7). Меньшим на 23,1-26,5% выходом макаронной крупки в сравнении с исследуемыми образцами твердой пшеницы обладают сорта яровой мягкой пшеницы Александрит и Саратовская 70. Объясняется это качеством зерна 2 и 3 класса согласно пункту 3.1.

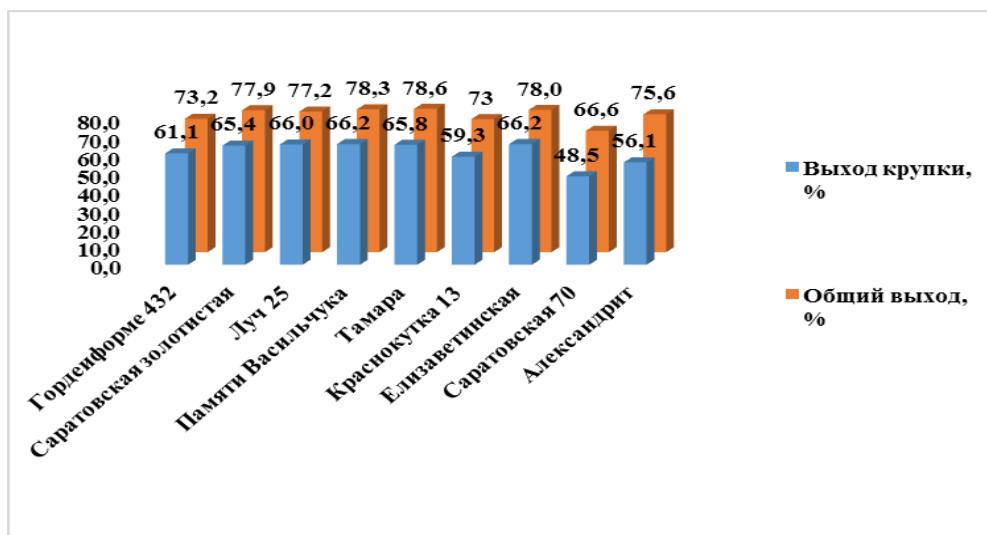


Рисунок 7 – Соотношение общего выхода размола и выхода макаронной крушки высшего и первого сортов исследуемых сортов (2021-2024 гг.)

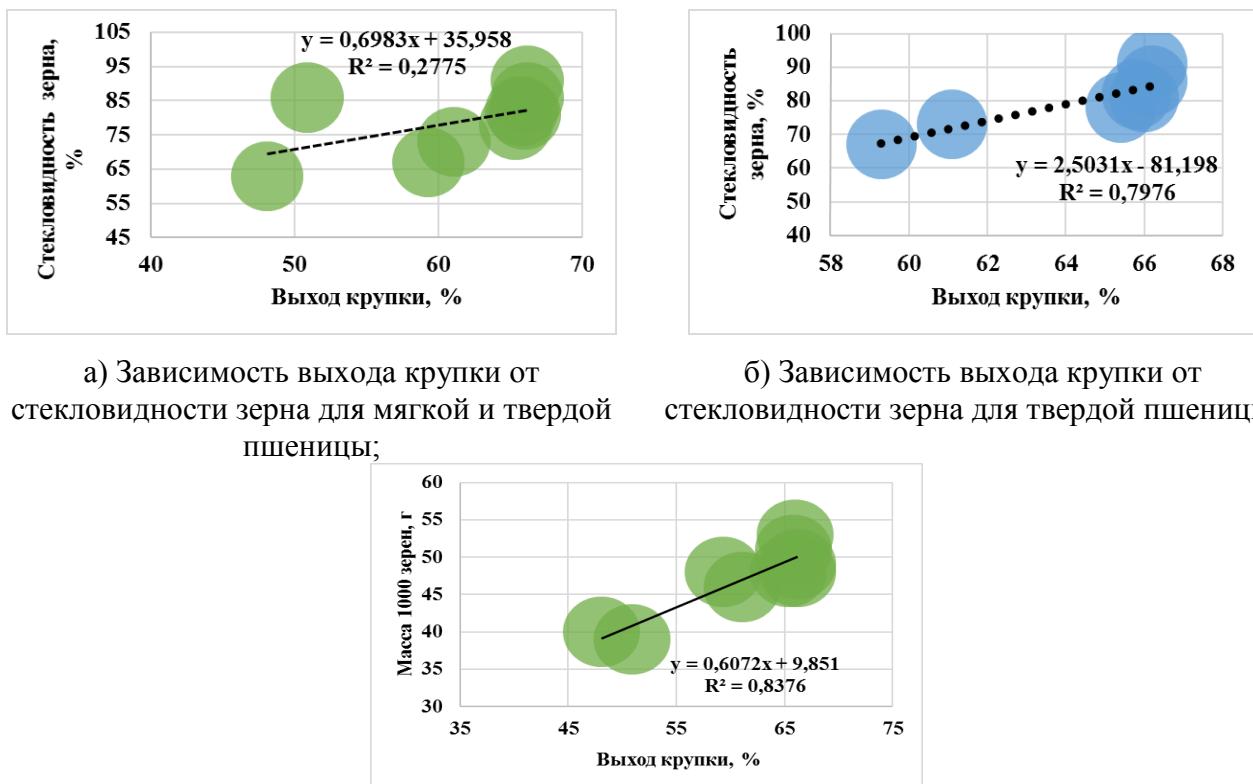
Для обоснования взаимосвязи выхода крушки и качества зерна были рассчитаны корреляции, влияющие на выход крушки. Эти данные представлены на рисунке 8.

При расчете корреляционных зависимостей не выявлены значимые показатели связи между выходом крушки, количеством клейковины в зерне ($r=0,24$) и качеством клейковины в зерне ($r=0,15$). Несущественные зависимости определены у показателя содержания белка ($r=0,31$).

Значимая корреляционная зависимость установлена с показателем массы 1000 зерен $r= 0,88\dots 0,92$. Стекловидность зерна является значимой для выхода макаронной крушки у исследуемых сортов твердой пшеницы $r= 0,76\dots 0,83$. При внесении данных мягкой высокостекловидной пшеницы для расчета корреляции этот показатель становится несущественным ($r=0,53$) (рисунок 8).

Зольность крушки напрямую зависит от выхода крушки и имеет расчётную корреляцию $r= 0,90$.

При составлении композитных смесей сухие компоненты, входящие в состав, должны быть однородны и выровнены по гранулометрическому составу. В связи с этим, крушку исследуемых сортов получали на лабораторной мельнице Брабендер Квадрумат Джуниор с последующим ручным рассевом на ситах (размер 0,670 мм, 0,400 мм, 0,090 мм) [10].



а) Зависимость выхода крушки от стекловидности зерна для мягкой и твердой пшеницы;

б) Зависимость выхода крушки от стекловидности зерна для твердой пшеницы;

в) Зависимость выхода крушки от массы 1000 зерен для мягкой и твердой пшеницы

Рисунок 8 – Графики линейных зависимостей зависимости общего выхода крушки от показателей качества зерна исследуемых образцов (2021-2024 гг.)

Согласно полученным данным при размолах на высший сорт (крупка) и отход (отруби и мука), максимальный выход крушки высшего сорта был у яровой твердой пшеницы сортов Луч 25 (61,8%). Значимо высокий выход крушки установлен также у сортов Саратовская золотистая (60,2%) и Памяти Васильчука (59,9%) (таблица 8).

Таблица 8 – Показатели качества зерна яровой твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы и выход крушки (2021-2024 гг.)

Название	Показатели			
	Выход крушки в/с ,%	Зольность крушки в/с,%	Выход муки, %	Отходы и потери, %
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	54,1	0,72	1,8	44,1
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	60,2	0,71	2,5	37,3
Яр. тв. пш сорт Луч 25	61,8	0,72	2,0	36,2
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	59,9	0,72	2,2	37,9
Яр. тв. пш сорт Тамара	57,2	0,70	1,8	41,0
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	55,9	0,67	2,3	41,8
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	58,4	0,58	2,0	39,6
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	50,7	0,54	4,5	44,8
Яр. мяг. пш сорт Александрит	52,9	0,52	5,5	41,6
HCP _{0,5}	7,81	0,08	0,35	1,95

Сорта мягкой пшеницы имели невысокий выход крупки ниже значений твердой пшеницы на 7,7-17,6 %. Отличительным показателем при размоле и рассеве крупки было наличие мучки. Проход через сито 0,09 мм у сортов твердой пшеницы за два года исследования был в пределах 1,6-2,5%, а для сортов мягкой пшеницы 4,5-5,5% [51,48], что больше на 36-46%. Данные результаты соответствуют выше изложенным показателям при размоле исследуемых сортов согласно виду пшеницы.

Вследствие вышеуказанных результатов установлено, что лучшими мукомольными свойствами обладают сорта пшеницы, имеющие 1 класс качества зерна по НД, стекловидность более 84%, массу 1000 зерен более 45 г. К ним относятся яровая твердая пшеница сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Елизаветинская и Тамара. Данные сорта характеризуются выходом крупки выше 61% и ее зольностью не более 0,90% для сортов твердой пшеницы.

Сорта яровой мягкой высокостекловидной пшеницы имеют меньший выход макаронной крупки, но показатель зольности при этом соответствует высшему сорту крупки из мягкой пшеницы. Сорт Александрит соответствует норме размола для мягкой пшеницы на макаронные цели.

3.3 Определение показателей качества крупки

Крупка из твердой пшеницы имеет значительные различия с хлебопекарной мукой. Обладая крупнитчатой структурой, она имеет высокое качество клейковины, которая позволяет производить макаронные изделия с высокой прочностью, стекловидным изломом. Эти изделия не теряющие форму при варке и имеют минимальное количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду[101]. Выровненность гранулометрического состава крупки высшего сорта определяет качественные характеристики продукта, в частности более ценится для длинных тонких нитевидных макаронных изделий [10,101].

Для макаронного производства, в соответствии со стандартом на макаронную муку ГОСТ 31463-2012 [23], полученное сырье должно соответствовать

органолептическим и физико-химическим показателям качества. В зависимости от полученных характеристик его делят на три группы качества, а для макаронного производства используют крупу (высший сорт) и полукрупу (первый сорт).

Согласно характеристикам, заданным по ГОСТ 31463-2012[28] и ГОСТ 31491-2012 [30], проведена оценка исследуемых сортов. Результаты исследования представлены в таблицах 9 и 10. Для анализа были взяты образцы крупы (высший сорт), согласно пункту 3.2. Исследуемые сорта соответствовали по цвету, показателям вкуса и запаха, наличию металломагнитной и минеральной примесей, органолептическим параметрам качества муки для макаронных изделий согласно НД.

Таблица 9 – Органолептические показатели качества макаронной крупы исследуемых сортов (2021-2024 гг.)

Название	Цвет	Запах	Вкус	Наличие минеральной примеси	Металломагнитная примесь, мг
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	светло-кремовый	Свойственный, без посторонних запахов	Свойственный, без посторонних вкусов	отсутствует	0
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	светло-кремовый с желтым оттенком			отсутствует	0
Яр. тв. пш сорт Луч 25	светло-кремовый с желтым оттенком			отсутствует	0
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	светло-кремовый с желтым оттенком			отсутствует	0
Яр. тв. пш сорт Тамара	светло-кремовый с желтым оттенком			отсутствует	0
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	светло-кремовый			отсутствует	0
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	светло-кремовый с желтым оттенком			отсутствует	0
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	белый			отсутствует	0
Яр. мяг. пш сорт Александрит	светло-кремовый			отсутствует	0

Исследуемые образцы сортов Гордеiforme 432, Краснокутка 13, Александрит и Саратовская 70, несмотря на размер частиц, по физико-химическим показателям качества не могут быть отнесены к группе высшего качества (таблица 10).

Показатель кислотности крупы у исследуемых образцов был в заданных пределах: до 3 град для твердой пшеницы и до 4 град для мягкой пшеницы. Это соответствует высшему и первому сортам. Показатель массовой доли влаги был в

пределах, заданных для длительного хранения и транспортировки в районы крайнего Севера.

Таблица 10 – Физико-химические показатели качества макаронной муки исследуемых сортов (2021-2024 гг.)

Название	Показатели					
	Масса золы в пересчете на сухое вещество, %	Массовая доля сырой клейковины, %	Качество клейкови- ны, ед.пр. ИДК-3	Массовая доля влаги, %	Кислот- ность, град	Сорт
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	0,69	30,1	93,4	13,5	1,5	Первый (полукрупка)
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	0,73	31,2	83,9	12,2	2,0	Высший (крупка)
Яр. тв. пш сорт Луч 25	0,71	31,2	87,3	12,8	2,1	Высший (крупка)
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	0,74	32,3	64,5	12,4	2,1	Высший (крупка)
Яр. тв. пш сорт Тамара	0,68	29,2	83,5	12,6	1,7	Высший (крупка)
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	0,70	30,9	88,6	13,0	1,6	Первый (полукрупка)
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	0,66	32,2	77,4	12,9	2,1	Высший (крупка)
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	0,52	25,2	70,2	13,4	2,2	Второй
Яр. мяг. пш сорт Александрит	0,51	36,7	82,6	12,7	1,9	Первый (полукрупка)
HCP _{0,5}	0,01	0,73	0,23	0,68	0,25	-

Содержание сырой клейковины для крупки высшего сорта из твердой пшеницы должно быть более 26%. К этой категории относится крупка из яровой твердой пшеницы сортов Саратовская золотистая, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара и Елизаветинская. К первой группе по содержанию клейковины относится крупка из сортов яровой твердой пшеницы Гордеiforme 432, Краснокутка 13 и сорта яровой мягкой высокостекловидной пшеницы Александрит [49]. Крупка из яровой мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Саратовская 70 обладает низким содержанием клейковины, что относит ее ко второй группе качества.

Качество клейковины макаронной муки из зерна твердой и мягкой пшеницы не делится по группам согласно НД на сырье для макаронной продукции (таблица 11), но при наличии соглашения между поставщиком и потребителем, допускается учет дополнительных показателей качества клейковины [28].

Таблица 11 – Градация качества клейковины для макаронной промышленности в зависимости от вида пшеницы согласно ГОСТ 31463-2012[28] и ГОСТ 31491-2012 [30]

Группа качества		Мягкая пшеница (экстра, высший, первый), ед.пр.ИДК	Твердая пшеница (высший, первый, второй), ед.пр.ИДК
I	Хорошая клейковина	50-100	50-105
II	Удовлетворительно слабая клейковина		
III	Неудовлетворительно слабая клейковина		

Это связано с тем, что данный показатель влияет на образование плотного, вязкого, упругого и пластичного при формовке теста с хорошей сопротивляемостью разрыву. Продукт используется для получения не сминающихся при изготовлении и сушке тестовых заготовок.

Поэтому наряду с оценкой качества клейковины зерна на приборе ИДК-3 используются показатели исследования содержания глютена и балльная оценка миксограммы муки. Данные показатели важны для характеристики силы внутри- и межмолекулярных связей [144, 145].

Индекс глютена используют в селекционной работе для отбора наиболее перспективных линий твердой пшеницы наряду с такими классическими методами, как анализ миксограммы или определение SDS-седиментации. Для производственных предприятий высоко ценятся сорта с показателем индекса глютена не менее 65. Данный показатель крайне важен для современной технологии высокотемпературной сушки макаронных изделий, которая широко применяется в производстве макаронных изделий [78]. В таблице 12 приведены средние показатели содержания индекса глютена за период исследования.

Индексом глютена меньше заданного диапазона обладает крупка из сортов Гордеiforme 432 и Краснокутка 13. Остальные сорта имеют необходимый для предприятий индекс. Отличительным показателем обладает крупка из сортов яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука и Елизаветинская.

Для определения силы муки в селекционной работе используют метод исследования на миксографе. Показатели миксографа полностью коррелируют с показателями фаринограммы, но благодаря небольшому количеству материала (10г.) имеют значительное преимущество на ранних этапах селекции [10].

Таблица 12 – Показатели силы клейковины исследуемых сортов за 2021-2024 гг.

Название	Индекс глютена	РТ*, мин	BW*, см	MTV*, см	РН*, см	RS*, см	Миксограмма, балл
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	60,7	5,5	1,3	1,8	6,7	4,5	6,0
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	71,2	6,5	1,5	1,8	7,2	6,0	8,0
Яр. тв. пш сорт Луч 25	70,6	5,4	1,5	2,1	7,5	6,0	8,0
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	95,3	11,5	2,0	2,0	6,0	15,0	10,0
Яр. тв. пш сорт Тамара	75,1	5,5	1,7	2,0	7,5	6,8	8,0
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	53,0	6,0	1,7	1,7	7,3	6,9	5,5
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	85,4	7,2	2,0	2,0	7,6	12,0	8,5
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	80,1	7,0	1,6	0,7	6,0	8,0	8,0
Яр. мяг. пш сорт Александрит	81,6	6,1	2,2	1,7	8,5	9,0	8,0
HCP _{0,5}	2,59	-	-	-	-	-	0,72

* РТ – время замеса (Peak time); BW – ширина кривой, которая характеризует эластичность (Band width); MTV – устойчивость к разжижению (Mixing tolerance value); РН – содержание белка (Peak height); RS – уровень стабильности (Range of stability)

Значимые результаты миксограммы за время исследования показали образцы яровой твердой пшеницы сорта Памяти Васильчука и Елизаветинская (таблица 11). Низкими показателями миксографа обладали сорта яровой твердой пшеницы Гордеiforme 432 и Краснокутка 13 (рисунок 9).

Зафиксировано сравнительно длительное время замеса теста из муки сорта Памяти Васильчука, что свидетельствует о прочности клейковины. Высокие показатели ширины кривой миксограммы наблюдались у сортов Александрит, Памяти Васильчука и Елизаветинская, что характеризует клейковину как упругую и эластичную.

Высокая устойчивость к разжижению установлена у сортов Луч 25, Тамара, Памяти Васильчука и Елизаветинская. Таким образом, стабильными к замесу, согласно реологическим показателям теста, являются сорта Памяти Васильчука, Елизаветинская и Александрит (рисунок 9).

Расчет корреляционной зависимости миксограммы показал значимую положительную взаимосвязь с индексом глютена (рисунок 10). Положительная, но не существенная взаимосвязь получена с показателями микроSDS-седиментации и миксографа ($r^*=0,43$), а также с индексом глютена ($r^*=0,32$).

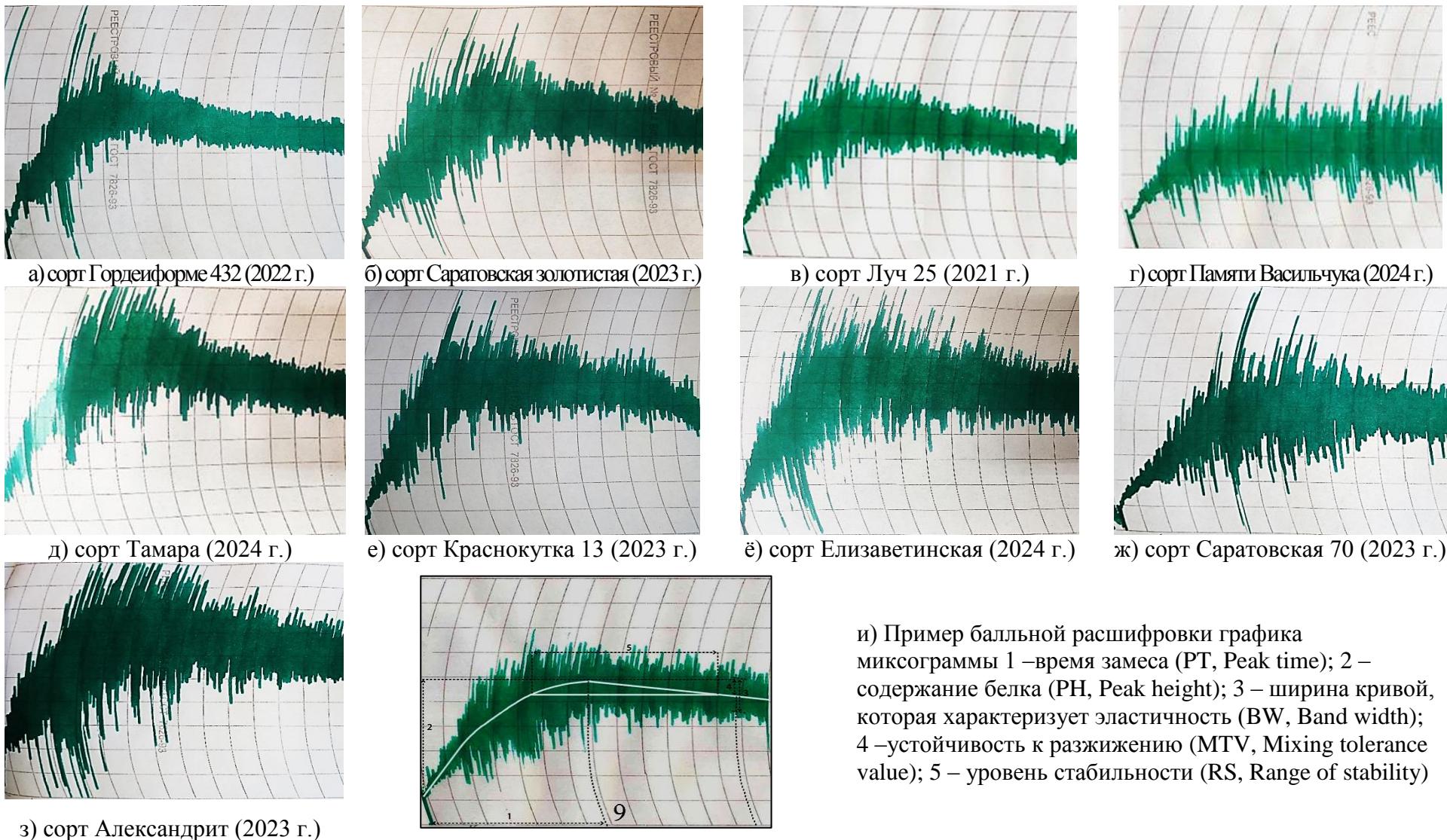


Рисунок – 9 Графики миксографа исследуемых сортов (2021-2024 гг.)

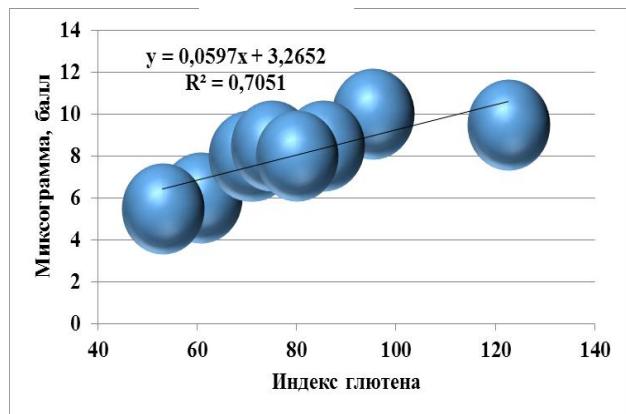


Рисунок 10 – График линейной зависимости показателя индекса глютена и балльной оценки миксографа

Согласно государственному стандарту на крупку для макаронной продукции показатели цвета не имеют числовых значений и регламентируются лишь визуальной оценкой. Но для производственных предприятий в наше время показатель цветности крупки является одним из основных при приемке сырья для переработки в макаронные изделия.

Исследование данного параметра крупные макаронные предприятия России проводят на приборе Minolta, при этом необходимые значения лежат в пределах 22 единиц прибора. В нашем исследовании мы использовали прибор Spekol-10 (методика работы описана в разделе 2.3). Аппарат полностью коррелирует с показателями прибора Minolta. Полученные показатели представлены на рисунке 11.

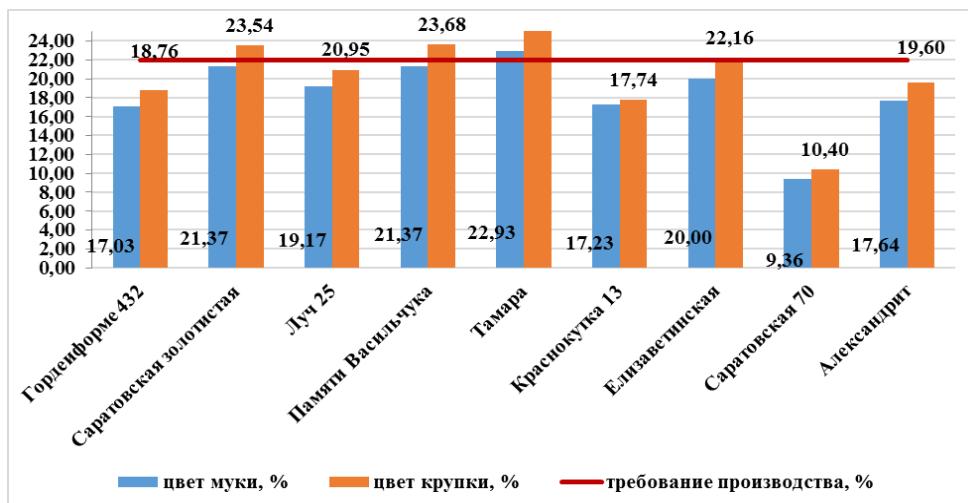


Рисунок 11 – Показатели цвета муки и крупы исследуемых сортов яровой пшеницы (2021-2024гг.), ед. пр. Spekol-10

Согласно полученным данным необходимым показателям цвета крупки ($HCP_{0,5} = 2,75$) для производства макаронной продукции соответствует крупка из яровой твердой пшеницы сортов Тамара (25,8 b%), Памяти Васильчука (23,6 b%), Саратовская золотистая (23,5 b%), Елизаветинская (22,2 b%). Меньший показатель наблюдался у образца яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70, что подтверждается содержанием каротиноидных пигментов.

Согласно расчетным корреляционным зависимостям в нашем исследовании, цвет крупки не имеет значимых корреляционных зависимостей с показателями качества зерна: содержанием белка, клейковины и ее качеством, стекловидностью [47], с зольностью крупки ($r=0,38$). Подтверждается положительная корреляционная зависимость с содержанием каротиноидов в зерне $r=0,93\dots0,96$, что говорит о прямой значимой зависимости данных показателей (рисунок 12).

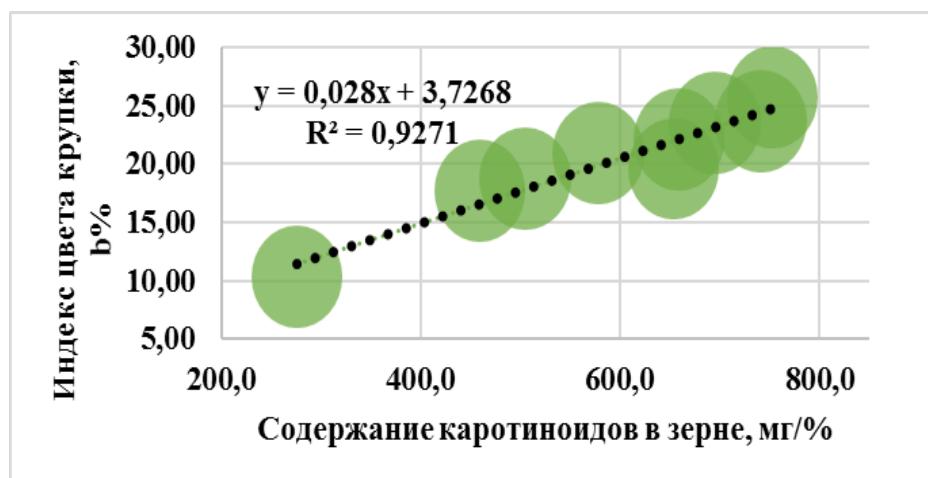


Рисунок 12 – Корреляционная зависимость содержания каротиноидов в зерне и цвета крупки на Spekol-10 в исследуемых сортах за 2021-2024 гг.

Соответственно, при сравнении полученных данных видно, что минимальное содержание каротиноидных пигментов в зерне должно быть не менее 6,6 мг/кг.

Таким образом, исследования полученной крупки показали, что сырье соответствует заявленным показателям ГОСТ 31463-2012 и ГОСТ 31491-2012 для производства макаронных изделий.

По дополнительным параметрам, требуемым на производственных предприятиях: по силе клейковины – крупка высшего сорта яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука и Елизаветинская; по показателю цвета

крупки – крупка яровой твердой пшеницы сортов Тамара, Памяти Васильчука, Саратовская золотистая и Елизаветинская.

Заключение по главе 3

При исследовании технологического потенциала зерна яровой пшеницы Саратовской селекции установлено, что исследуемые сорта соответствовали нормативным документам для приемки зерна на крупку для макаронных изделий согласно НД. Показатели качества клейковины выбранных сортов соответствуют показателям производства, что подтверждается исследованием на микроSDS-седиментацию. Современным требованиям перерабатывающих производств для получения оптимальных параметров макаронной крупки соответствуют образцы зерна яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука, Елизаветинская и Тамара.

Установлено, что высоким показателями выхода крупки согласно НД обладало зерно яровой твердой пшеницы сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Елизаветинская и Тамара.

При сопоставлении требований государственных стандартов и дополнительных параметров для производства макаронных изделий, заявленным показателям соответствовала крупка яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука и Елизаветинская.

4. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.

4.1 Влияние вида и сорта яровой пшеницы на варочные свойства макаронных изделий

Длинные нитевидные макаронные изделия являются сложным продуктом, для получения которого нужна крупка с выровненным гранулометрическим составом высшего сорта и с высокими показателями качества клейковины [10,101]. При подвесной сушке длинных изделий, для создания натяжения сырым изделиям, используют средний или мягкий замес при влажности 33-34%, при этом, если используется полукрупка или хлебопекарная мука, влажность теста необходимо увеличить на 1-2 % [101,10]. Температурные режимы замеса теста зависят как от вида и качества сырья, так и от технического обеспечения предприятия и вида вырабатываемой продукции. Оптимальная температура теста для поршневых прессов считается 55-60 °C, которая характеризуется как теплый замес. Связано это с денатурацией белков, которые при повышении температуры замеса более 60°C уплотняют и фиксируют белковую матрицу, снижая скорость выпрессовывания продукта [10,101]. Режимы сушки полуфабрикатов макаронных изделий выбираются при учете двух составляющих: усадки продукта на 6-8% и изменения структурно-механических свойств продукта. В настоящее время существует три режима сушки: традиционные низкотемпературные до 60°C; высокотемпературные 70-90°C и сверхтемпературные выше 90°C [101].

В связи с тем, что для производства лабораторных образцов нами был использован поршневой пресс ПСЛ-13, а режим сушки выбран традиционный низкотемпературный в подвесном состоянии, то длинные нитевидные макаронные изделия (спагетти) диаметром 1,8 мм. получали теплым замесом с температурой 55-60 °C, влажностью 34% согласно пункту 2.3.3 данной работы.

На рисунке 14 представлены образцы длинных нитевидных макаронных изделий, выработанных из крупки исследуемых сортов. Органолептическую и физико-химическую оценку сухих полуфабрикатов и сваренных до готовности

длинных нитевидных макаронных изделий проводили согласно показателям ГОСТ 31743-2017[38].

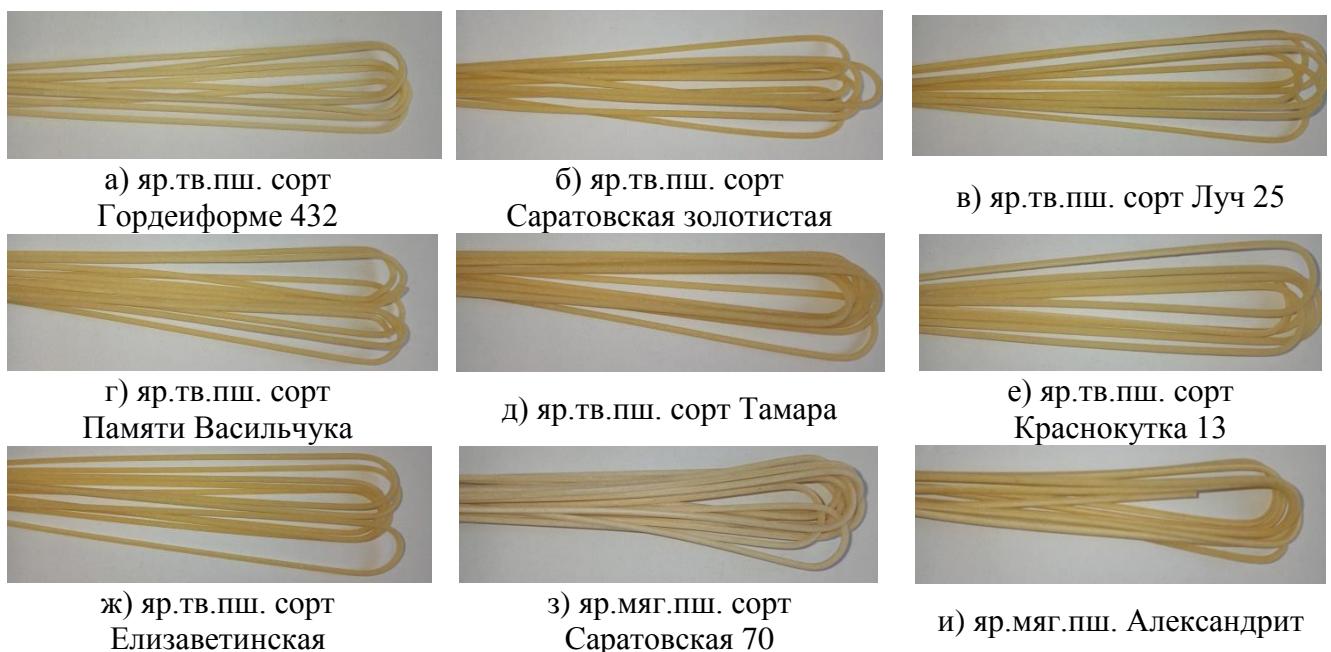


Рисунок 13 – Выработанные образцы длинных нитевидных макаронных изделий из исследуемых сортов крупки

Полученные образцы изделий не имели постороннего вкуса и запаха. Поверхность макаронных изделий была гладкая, без шероховатостей. Цвет соответствовал использованному сырью. Наиболее яркий светло-кремовый с желтым оттенком цвет имели полуфабрикаты из крупки яровой твердой пшеницы сортов Саратовская золотистая, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Елизаветинская, и из крупки яровой мягкой пшеницы сорта Александрит [50,52]. Белый цвет изделий был у образцов, выработанных из крупки яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 (таблица 13) [51].

При изломе сухие длинные нитевидные макаронные изделия из сортов яровой твердой пшеницы имели стекловидный вид, макаронные изделия из сортов мягкой пшеницы имели мучнистый слом. Кислотность выработанных изделий была в пределах НД не более 4 град.

Полученные по методике Н.С. Васильчука длинные нитевидные макаронные изделия (спагетти) оценивали по варочным свойствам (рисунок 14).

Таблица 13 – Органолептические и физико-химические показатели выработанных макаронных изделий за 2022-2024 гг.

Показатель	Сорт крупки								
	Гордеи-форме 432	Саратовская золотистая	Луч 25	Памяти Васильчука	Тамара	Краснокутка 13	Елизаветинская	Саратовская 70	Александрийский
Цвет сухих макаронных изделий	светло-кремовый	светло-кремовый с желтым оттенком	белый	светло-кремовый с желтым оттенком					
Состояние поверхности				гладкая без шероховатостей					
Излом				стекловидный				мучнистый	
Форма				соответствующая виду изделия					
Вкус				свойственный, без посторонних					
Запах				свойственный, без посторонних					
Состояние изделий после варки				не слипаются				слегка слипаются	
Массовая доля золы в пересчете на сухое вещество, %	0,64	0,68	0,63	0,65	0,61	0,66	0,59	0,49	0,48
Лом и крошка, %	100	100	100	100	100	100	100	94	95
Влажность	12,2	12,2	12,2	12,2	12,3	12,2	12,6	12,4	12,2
Кислотность, град	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9

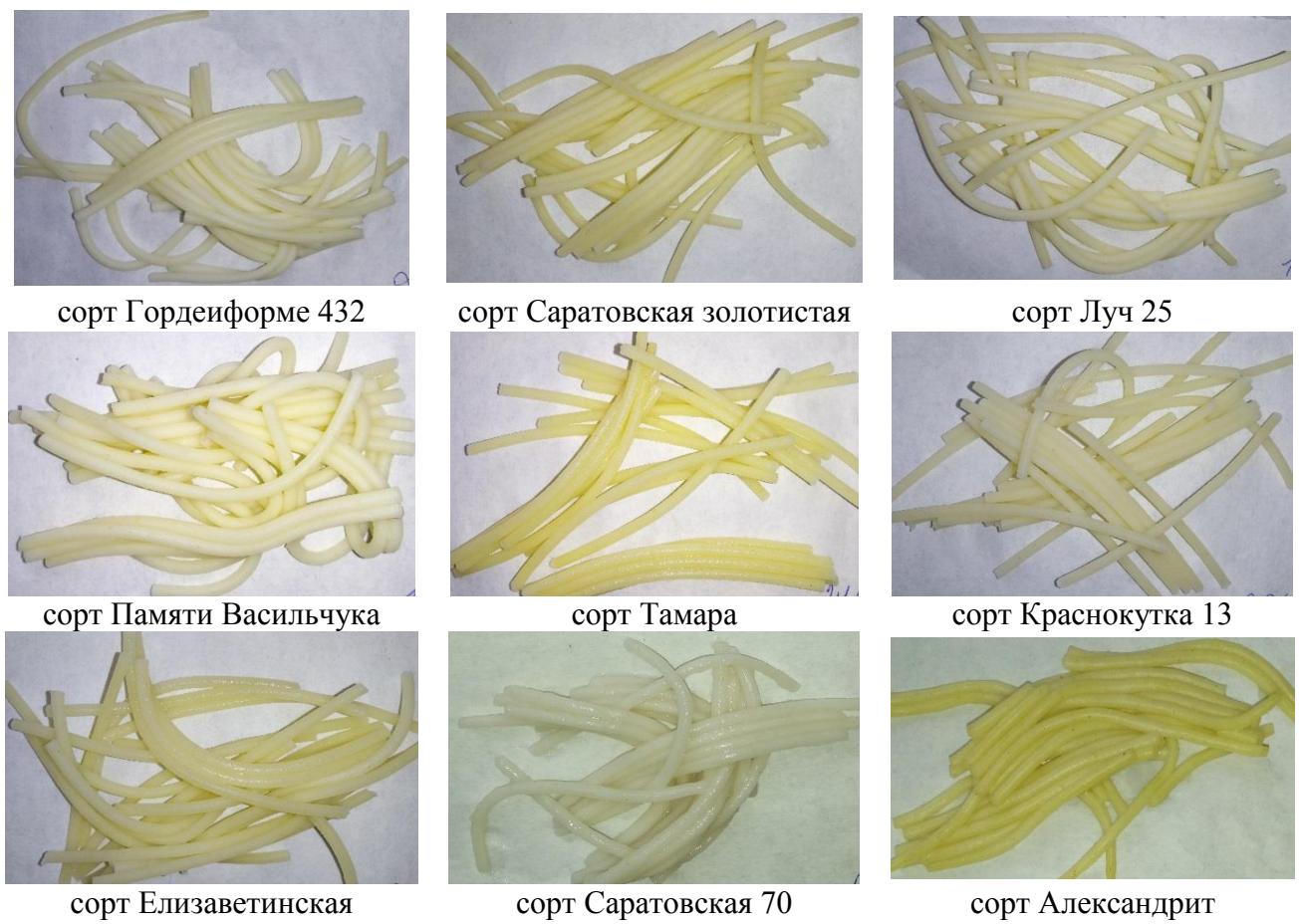


Рисунок 14 – Фото, сваренных до готовности, макаронных изделий из крупки исследуемых сортов

Длинные нитевидные макаронные изделия, выработанные из исследуемых образцов крупки твердой пшеницы, после варки сохраняли свою форму, имели гладкую поверхность и не слипались. Из-за несоответствия сохранности формы и внешнего вида готовых макаронных изделий из мягкой высокостекловидной пшеницы оценка исследуемых сортов была ниже. Поверхность после варки была гладкая (таблица 12).

Варочные свойства оценивались по времени варки изделия до готовности [112]. Длинным нитевидным макаронным изделиям (спагетти) в зависимости от диаметра необходимо от 8 до 12 минут варки до готовности. Сорта яровой твердой пшеницы Гордеiforme 432 (7,11 мин.), Краснокутка 13 (7,46 мин.) и Саратовская золотистая (7,55 мин.) имели меньшее время готовки. Длительное время варки имели сорта Памяти Васильчука (10,05 мин.), Тамара (9,39 мин.), Елизаветинская (9,19 мин.) (таблица 14). Сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 и Александрит показали результат ниже требуемого на 8-12%. Соответственно, за

меньшее время варки макаронные изделия из мягкой высокостекловидной пшеницы увеличились в объеме больше требуемых значений. Это видно и по показателю сохранности формы макаронных изделий.

Таблица 14 – Варочные свойства исследуемых сортов (2022-2024 гг.)

Название	Коэффициент увеличения массы (K_m)	Коэффициент увеличения объема (K_0)	Время варки (t), мин	Сохранность формы, %	Кол-во сухого вещества, перешедшего в варочную воду, %
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	2,05	1,1	7,11	100	2,68
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	2,10	1,6	7,55	100	3,65
Яр. тв. пш сорт Луч 25	1,65	1,5	8,29	100	3,13
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	2,14	2,1	10,05	100	3,18
Яр. тв. пш сорт Тамара	2,15	2,3	9,39	100	3,08
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	2,09	2,1	7,46	100	4,06
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	2,06	2,5	9,19	100	3,74
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	1,90	3,0	7,07	93	4,08
Яр. мяг. пш сорт Александрит	1,90	3,0	7,39	97	2,99
$HCP_{0,5}$	0,10	0,17	0,13	-	0,15

Согласно методикам определения, коэффициент увеличения массы и коэффициент увеличения объема должны быть в пределах 1,5-2,5 [100]. Из таблицы 14 видно, что все макаронные изделия из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы не выходят за рамки заданных значений. Макаронные изделия из сортов яровой мягкой пшеницы на 20% превышают показатель коэффициента увеличения объема изделия, но данный показатель не нормируется по НД.

Согласно методике оценки варочных свойств по данным Н.С. Васильчука [10], макаронные изделия высшего сорта после 12 минут варки должны иметь коэффициент развариваемости (увеличение, раз) 2,8-3,5 раз, количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду не более 6% и сохранность формы 4-5 баллов. В соответствии с классификацией Г. М. Медведева, «для макаронных изделий хорошего качества количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду, должно быть не более 6%, для макаронных изделий среднего качества – не более 8%» [85,87]. В соответствии с государственным стандартом количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду, не должен быть более 6% [29].

Согласно таблице 14, по показателю количества сухого вещества, перешедшего в варочную воду, все исследуемые сорта яровой мягкой и яровой твердой пшеницы имеют необходимые значения в заданном диапазоне. Следовательно, эти изделия соответствуют качеству по нормативным документам. По показателю увеличения массы сорта яровой твердой пшеницы имеют необходимые показатели. Лучший показатель имеет сорт Памяти Васильчука (2,6 раз). Это связано с его отличительными свойствами клейковины. Сорта яровой мягкой пшеницы имели увеличение массы после варки по данной методике на 6-8 % больше необходимых значений.

Сохранность формы соотносима с показателем увеличения массы изделия после варки. Меньший балл, но в пределах нормы, имеют исследуемые сорта яровой мягкой пшеницы.

По расчётным корреляционным значениям наибольшую значимость имели следующие показатели зависимостей:

- время варки длинных нитевидных макаронных изделий до готовности и стекловидность зерна (до $r = 0,71$); миксограмма муки (до $r = 0,62$); качество клейковины в зерне (до $r = -0,50$);
- увеличение массы длинных нитевидных макаронных изделий после варки и стекловидность зерна (до $r = -0,74$);
- сохранность формы изделий после варки и показатель микроSDS-седиментации шрота (до $r = 0,63$); стекловидность зерна (до $r = 0,58$); индекс глютена (до $r = -0,61$);
- количество сухого остатка, перешедшего в варочную воду, и стекловидность (до $r = -0,44$), содержание белка в зерне (до $r = -0,54$); содержание сырой клейковины в зерне (до $r = -0,44$).

Это подтверждает то, что более низкое содержание белка приводит к более слабой белковой матрице и более высокой потере сухих веществ. Показатель стекловидности обратно пропорционален варочным показателям длинных нитевидных макаронных изделий, а количество и качество клейковины несущественно, но напрямую влияют на них.

Таким образом, согласно полученным данным, выработанные образцы макаронных изделий имеют следующие свойства:

- 1) по физико-химическим показателям государственного стандарта относятся к макаронным изделиям группы А (Высший сорт) изделия из яровой твердой пшеницы сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Елизаветинская, Гордеiformе 432, Саратовская золотистая и Краснокутка 13;
- 2) по варочным свойствам макаронные изделия из яровой твердой пшеницы сортов Гордеiformе 432, Саратовская золотистая и Краснокутка 13 имеют меньшее время варки до готовности;
- 3) по физико-химическим показателям государственного стандарта макаронные изделия из яровой мягкой высокостекловидной пшеницы сортов Саратовская 70 и Александрит не могут быть отнесены к группе Б, так как имеют низкий показатель сохранности формы изделий после варки на 7 и 3 % соответственно. Варочные свойства данных образцов имели меньшее время варки до готовности, увеличение объема изделий после варки, присутствие лома и крошки сухих изделий из данных сортов, подтверждая несоответствие качества продукта.

4.2 Влияние вида и сорта яровой пшеницы на излом полуфабриката

Государственным стандартом прочность макаронных изделий на излом не нормируется. Но деформированность, лом и крошка макаронных изделий при хранении влияют на внешний вид продукта и снижают качество макаронных изделий. Причиной данного брака может быть, как нарушение режима производства, так и качество сырья для изготовления макаронных изделий. К крошке относят обломки макарон длинной менее 5 см, для вермишели, рожков – менее 1-1,5 см, для лапши – менее 1,5-2 см [55]. В связи с тем, что согласно пункту 4.1 у исследуемых образцов присутствовал лом и крошка, было принято решение исследовать образцы на излом полуфабриката и определить его взаимосвязь с качественными показателями сырья.

Методики определения прочности макаронных изделий на излом существуют только для размерных макарон диаметром более 3 мм. Производится исследование на приборе Строганова. На середину трубчатого изделия производится нагрузка с последующим измерением силы излома в граммах. В связи с этим, прочность длинных нитевидных макаронных изделий диаметром 1,8 мм, полученных из исследуемых сортов, определяли на Структурометре СТ-3. Расстояние между опорами составляло 48 мм. Данная величина рассчитывалась исходя из диаметра изделий по формуле 10, указанной в пункте 2.3.3 данной работы. При проведении исследований были получены основные параметры:

- предельное усилие нагружения, г;
- рабочий цикл излома, г*см.

Предельное усилие нагружения показывает, какую нагрузку в граммах выдерживают длинные нитевидные макаронные изделия диаметром 1,8 мм при нагрузке в 6,8 г. Рабочий цикл излома показывает усилие излома на площадь продукта.

Из таблицы 15 видно, что высокий показатель предельного усилия нагружения продемонстрировали образцы длинных нитевидных макаронных изделий из яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука (95,25 г), Елизаветинская (92,25 г), Тамара (91,25 г) и Луч 25 (81,75 г).

Таблица 15 – Результаты исследования излома выработанных образцов сухих длинных нитевидных макаронных изделий из исследуемых сортов среднее (2023-2024 гг.)

Наименование	Предельное усилие нагружения, г	Деформация при изломе, мм	Рабочий цикл излома, г*см	Деформация на цели, мм
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	67,00	2,74	10,50	4,98
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	72,75	2,71	12,65	4,98
Яр. тв. пш сорт Луч 25	81,75	3,04	13,85	4,96
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	95,25	3,49	18,45	4,96
Яр. тв. пш сорт Тамара	91,25	3,19	16,10	4,96
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	71,75	2,73	12,00	4,93
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	92,25	3,21	16,50	4,95
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	62,00	2,45	9,00	4,80
Яр. мяг. пш сорт Александрит	64,50	2,50	9,20	4,98
HCP _{0,5}	1,91	0,17	0,38	0,00

Соответственно, данные образцы имели наибольший рабочий цикл излома (рисунок 15).

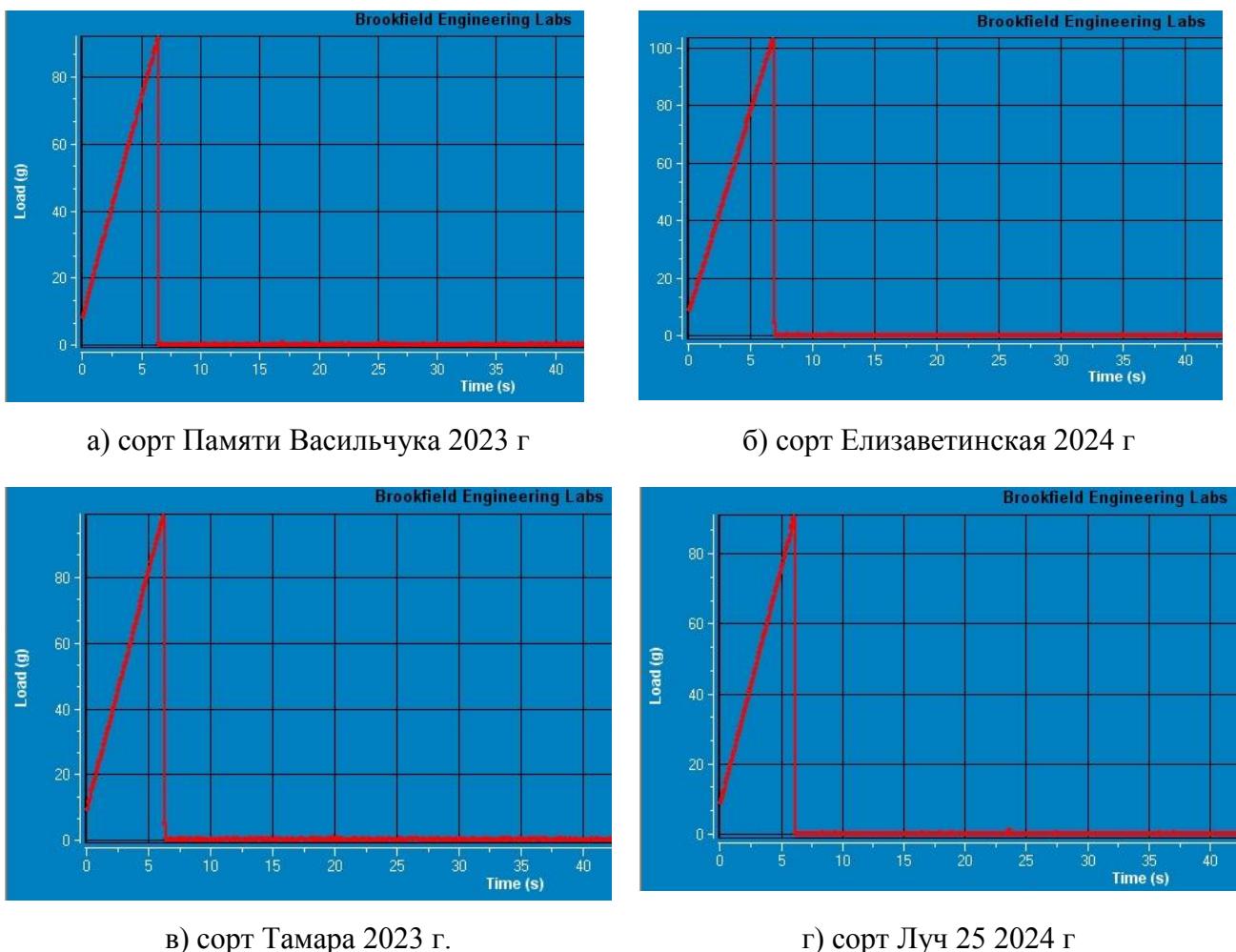


Рисунок 15 – Графики максимальных значений предельного усилия нагружения длинных нитевидных макаронных изделий из исследуемых сортов (2023-2024 гг.)

Небольшое предельное усилие нагружения зафиксировано у образцов яровой твердой пшеницы сорта Гордеiformе 432 и яровой мягкой пшеницы сортов Александрит и Саратовская 70.

Для сравнительной характеристики и большей информативности был рассчитан предел прочности на изгибе по формуле 9, указанной в пункте 2.3.3 данной работы.

По НД на макаронные изделия, сила излома не нормируется у изделий менее 3мм в диаметре. Согласно классификации Черных В.Я. [132], на Структурометре СТ-2 макаронные изделия диаметром 2 мм должны иметь предел прочности не

менее 3,6 МПа. Соответственно, для изделий диаметром 1,8 мм данный показатель не должен быть менее 3,2 МПа.

Согласно рисунку 16, прочность изделия на излом из сортов яровой твердой пшеницы превышала указанные для них параметры: Памяти Васильчука – на 25 %, Елизаветинская – на 21,9%, Тамара – на 18,9 %, Луч 25 – на 6,3%. При сопоставлении данных, определено, что для получения необходимых значений предела прочности полуфабриката предельное усилие нагружения должно быть более 80 граммов.



Рисунок 16 – Среднее значения предела прочности выработанных образцов длинных нитевидных макаронных изделий из исследуемых сортов за 2023-2024 гг., МПа

Результат, не отвечающий установленным параметрам, определен у изделий из сортов яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 (меньше на 18,5%), Александрит (меньше на 15,5 %), сортов яровой твердой пшеницы Гордеинформе 432 (меньше на 12,5%), Краснокутка 13 (меньше на 6,3%), Саратовская золотистая (меньше на 3%) [49,52].

Расчет корреляционных зависимостей предела прочности макаронных изделий на излом представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Корреляционные зависимости показателя предела прочности от основных значимых показателей качества зерна и макаронных изделий (2023-2024 гг.)

Корреляция	Стекловидность зерна	Натура зерна	Масса 1000 зерен	Коэффициент развариваемости макаронных изделий
Предел прочности	0,77	-0,42	0,65	-0,77

Значимую положительную корреляционную зависимость показатель предела прочности излома сухих длинных нитевидных макаронных изделий имел с

параметром стекловидности зерна. Обратно пропорциональная существенная зависимость данного показателя за время исследования установлена с коэффициентом развариваемости макаронных изделий. Прямая корреляционная зависимость наблюдалась с массой 1000 зерен, отрицательная зависимость – с показателем натуры зерна.

Расчетные корреляционные зависимости не имели значимых стабильных показателей предела прочности излома сухих длинных нитевидных макаронных изделий с:

- содержанием клейковины в зерне $r^*= 0,18$;
- качеством клейковины на приборе ИДК -3 $r^*= - 0,35$;
- содержанием белка в зерне $r^*= 0,25$;
- индексом глютена $r^*= 0,04$;
- числом падения $r^*= 0,18$;
- количеством сухого вещества, перешедшего в варочную воду, $r^*= - 0,14$.

Таким образом, по исследованию излома выработанных образцов длинных нитевидных макаронных изделий оптимальными значениями предела прочности обладали образцы из крупки яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука, Елизаветинская, Тамара и Луч 25. Данные образцы имеют высокие структурно-механические свойства, что позволяет сохранить их внешний вид.

Данным исследованием подтверждено уменьшение процента сохранности формы сухих макаронных изделий из мягкой пшеницы исследуемых образцов. Что доказывает тесную взаимосвязь с качественными показателями исходного сырья.

4.3 Влияние вида и сорта яровой пшеницы на цветовые характеристики макаронных изделий

Цвет макаронных изделий является важным качественным параметром, хотя и определяется государственным стандартом лишь визуально. Цветовые характеристики продукта сильно зависят от свойств крупки, в частности, от содержания красящих пигментов (каротиноидов), зольности, белкового состава, и технологического процесса (условий сушки) [143]. Большинство потребителей

предпочитают пасту ярко-желтого цвета, который зависит в основном от используемого сырья. Целесообразность выбора сортов яровой пшеницы Саратовской селекции с высокими цветовыми характеристиками доказана в пункте 3.3 данной работы. Но для получения общего представления о качестве данных каротиноидных пигментов необходимо оценить их сохранность в сухих макаронных изделиях после выработки.

Цвет образцов длинных нитевидных макаронных изделий, полученных из исследуемых сортов пшеницы, определяли на Колориметре NR-110 согласно методике, указанной в разделе 2.3.3 данной работы (таблица 17). Цвет изделий оценивался по осветленности сухого полуфабриката, значениям красного и желтого спектров, и степени яркости образца. Данное исследование позволяет оценить степень стабильности каротиноидных пигментов после технологического процесса получения макаронных изделий.

Таблица 17 – Показатели исследования цвета на приборе Колориметр NR-110 сухих длинных нитевидных макаронных изделий из исследованных сортов (2023-2024 гг.)

Наименование	L	a	b	C	h_{ab}
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	71,83	3,60	26,03	26,29	83,53
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	70,41	4,90	31,12	31,51	80,99
Яр. тв. пш сорт Луч 25	65,39	4,47	28,09	28,44	80,42
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	67,89	4,67	28,52	28,90	80,80
Яр. тв. пш сорт Тамара	67,61	4,90	26,95	27,39	80,03
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	68,59	4,64	26,37	26,78	80,37
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	67,44	4,97	29,54	29,96	79,63
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	69,79	3,41	13,49	13,92	75,80
Яр. мяг. пш сорт Александрит	64,51	5,21	27,90	28,39	79,42
HCP _{0,5}	0,39	0,05	0,01	0,32	0,37

L * = ось светлости (0- черный, 100- белый); a * = красный - зеленый («+» значения красного, «-» значения зеленый, 0 является нейтральным); b * = синий - желтой («+» желтый, «-» синий, 0 является нейтральным); C – степень цветности; h_{ab} – угол цветового тона.

Ось осветлённости (светлоты) показывает степень белизны относительно черного спектра. Светлые образцы длинных нитевидных макаронных изделий произведены из сортов Гордеiforme 432 (71,83), Саратовская золотистая (70,41) и Саратовская 70 (69,79). Следует отметить, что данный показатель зависит от спектра желтого и красного цвета. У продукта из сорта Гордеiforme 432 низкое значение спектра красного цвета (3,6), показатель желтого – в средних пределах

исследования (26,1). Соответственно, образец обладает небольшой степенью цветности (яркости). Макаронные изделия из крупки сорта Саратовская золотистая имели высокий показатель желтого спектра (31,12), поэтому и степень светлоты образца завышен. При анализе макаронных изделий из мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 было установлено, что степени красного спектра (3,41) и желтого спектра (13,49) наименьшие, поэтому степень осветленности данного образца обусловлена белизной продукта. Это подтверждается и степенью яркости (13,92) данных макаронных изделий.

По показателям красного спектра доминирует продукт из сорта Александрит (5,21). При этом у данных макаронных изделий степень осветленности имеет наименьший показатель (64,51), а степень яркости цвета не уступает данным исследуемых образов из твердой пшеницы.

Значимую степень яркости имели образцы из сортов Саратовская золотистая (31,51), Елизаветинская (29,54), Памяти Васильчука (28,9), Луч 25 (28,44) и Александрит (28,39). Макаронных изделий из сорта Елизаветинская имеют высокие показатели желтого (29,54) и красного (4,97) спектров (рисунок 16).

Макаронные изделия из крупки сорта Тамара обладали высоким показателем красного спектра (4,90), но, ввиду невысокого параметра желтого спектра (26,95), имели не высокую степень цветности (27,39).

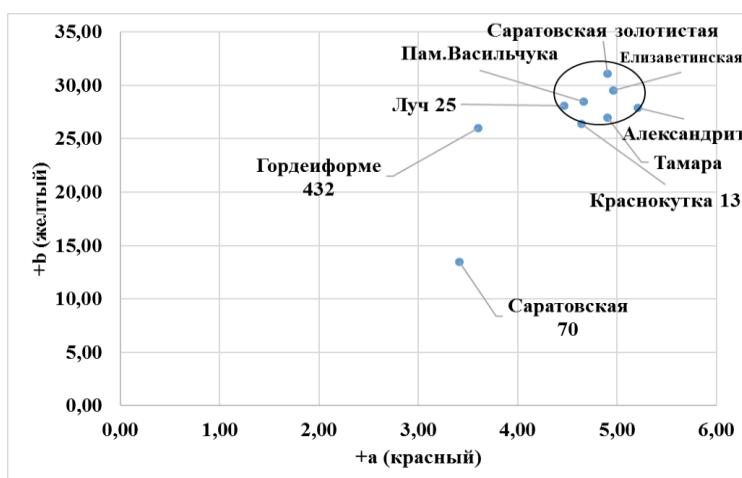


Рисунок 17 – График насыщенности цвета на оси координат цветовых характеристик $+a$ (красный) и $+b$ (желтый) сегментов выработанных образцов макаронных изделий из исследуемых сортов (2023-2024 гг.)

Угол цветового тона, определяющий место в цветовой системе относительно а и b координат, находится на уровне 80 единиц у образцов макаронных изделий, выработанных из яровой твердой пшеницы сортов Луч 25, Тамара, Краснокутка 13 и Елизаветинская [49]. Немного выше это значение у образцов из яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука и Саратовская золотистая (рисунок 18).

В системе координат Осветленность (L) – Яркость (C) – Угол цветового тона(h_{ab}) рядом по значениям находятся образцы макаронных изделий из сортов яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука, Тамара, Елизаветинская.

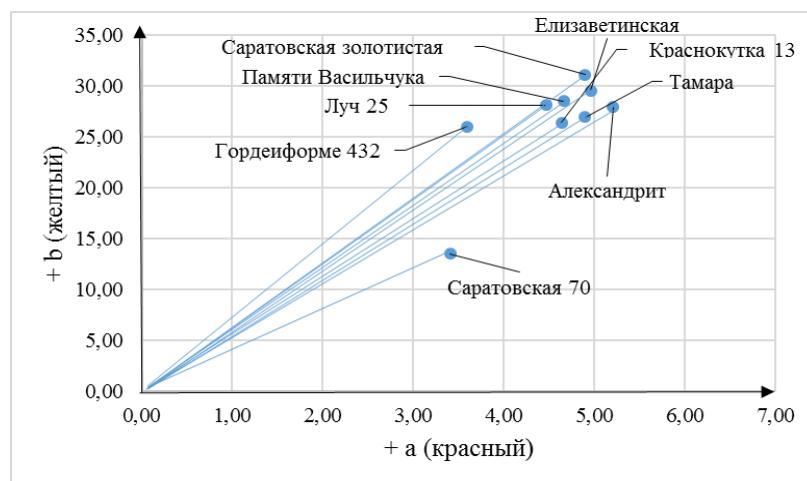


Рисунок 18 – График угла цветового тона на оси координат цветовых характеристик +a (красный) и +b (желтый) сегментов выработанных образцов макаронных изделий из исследуемых сортов (2023-2024 гг.)

При расчете корреляционных зависимостей выделены следующие результаты, показанные в таблице 18. Показатель красного спектра меньше зависит от содержания каротиноидных пигментов в зерне и крупке, чем желтого спектра, но напрямую значим для обоих. От показателей цвета зерна и крупки зависит степень цветности продукта. Данный параметр несколько меньше значим для угла цветового тона.

Таблица 18 – Корреляционные зависимости основных значимых показателей зерна и крупки с показателями цвета сухих макаронных изделий на Колориметр NR-110

Показатели	Содержание каротиноидов	Цвет муки	Цвет крупки	Зола сух. ост крупка
L (осветленность)	-0,35	-0,24	-0,24	0,33
a (красный)	0,79	0,74	0,72	-0,01
b (желтый)	0,83	0,89	0,87	0,47
C (степень цветности)	0,84	0,89	0,87	0,47
h_{ab} (угол цветового тона)	0,55	0,60	0,57	0,72

Небольшую положительную корреляционную зависимость имеет содержание сухой золы в крупке с показаниями желтого цвета и степени цветности продукта. Положительную, но не значимую зависимость имеет угол цветового тона продукта с содержанием сухой золы в крупке (рисунок 19).

Доминирующим фактором, определяющим цвет пасты, является наличие в муке или семолине натуральных красителей каротиноидов и ксантофиллов, а также молекулярный состав составляющих белков. В исследованиях зарубежных ученых указано, что цветовые характеристики сырой пасты могут быть индикаторами потерь при варке макаронных изделий. Б. Бирнацка с соавторами утверждает, что наиболее сильная корреляция в их исследованиях была обнаружена между желтизной пасты и потерями сухого вещества при варке [143].

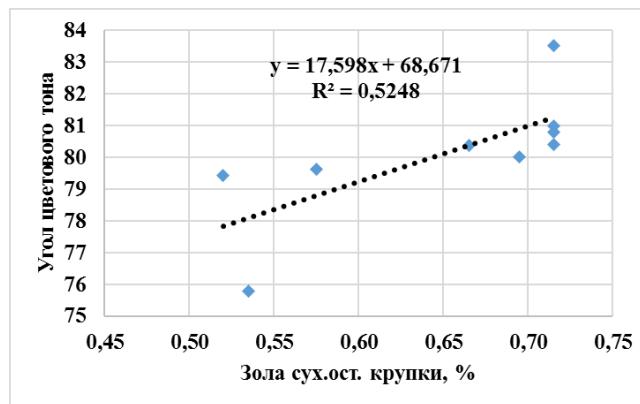


Рисунок 19 – Корреляционная зависимость содержания сухой золы в крупке и угла цветового тона сухого продукта из исследуемых сортов (2023-2024 гг.)

В нашем исследовании при расчете корреляционных зависимостей между показателями варочных свойств длинных нитевидных макаронных изделий и показателями цвета сухих изделий были выявлены положительные прямые и обратные корреляции (таблица 19).

Таблица. 19 – Корреляционные зависимости показателей варочных свойств с показателями цвета сухих длинных нитевидных макаронных изделий на Колориметр NR-110

Показатели цветовых характеристик сухих спагетти	Время варки до готовности	Увеличение при варке	Сохранность формы после варки	Количество сухого остатка
L (осветленность)	-0,33	-0,09	0,25	0,17
a (красный)	0,46	-0,12	0,20	-0,08
b (желтый)	0,41	-0,57	0,64	-0,39
C (степень цветности)	0,41	-0,56	0,63	-0,39
h ab (угол цветового тона)	0,09	-0,66	0,70	-0,64

Данные зависимости могут быть следствием селекционной работы. Замечено, что сорта, имеющие высокие показатели количества и качества клейковины, обладают невысокими цветовыми характеристиками, и наоборот, сорта, имеющие высокое содержание каротиноидов, не всегда имеют завышенные показатели качества клейковины.

Однако время варки длинных нитевидных макаронных изделий до готовности не выявило значимых корреляционных зависимостей с показателями цвета макаронных изделий. Оценка сохранности формы длинных нитевидных макаронных изделий после варки положительно коррелировала с показателями желтизны ($r= 0,64$), степени цветности ($r= 0,63$) и значимо зависела от угла цветового тона сухих макаронных изделий ($r= 0,70$). Значения угла цветового тона сухих макаронных изделий обратно пропорционально коррелировали с показателями увеличения массы длинных нитевидных макаронных изделий после варки ($r= -0,66$) и количеством сухого вещества, перешедшего в варочную воду, ($r= -0,64$).

Для дальнейшего сравнения выбраны средние показатели цвета сухих макаронных изделий на Колориметре NR-110, по показателю цвета крупки, соответствующего требованиям производств, по данным пункта 3.4 данной работы. Для получения сравнительных данных были рассчитаны показатели общей характеристики цвета ΔE , выявляющий разность стандарта и взятого образца без указания направления изменения (L , a , b или их вариаций), и показатель ΔH , описывающий евклидову разницу в цвете от стандарта, согласно формулам 4, 5, 8 в разделе 2.3.3 настоящей работы (таблица 20).

Разница меньше 1 % между заданными значениями и общей характеристикой цвета полученных изделий была выявлена у образцов из яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука (0,2 %), Елизаветинская (0,4 %) и Тамара (0,96 %). Высокое отклонение характеристики цвета установлено у образца продукта из сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 (7,89%). Эвклидова разница в цветовой характеристике показала большее расхождение (1,72). Эвклидова разница для продукта из крупки сорта Елизаветинская составила 0, что говорит о

максимальном приближении данного продукта к необходимым характеристикам цвета. Несущественными отклонениями по данному показателю обладали сорта Памяти Васильчука (0,09), Луч 25 (0,20), Тамара (0,22) и Саратовская золотистая (0,25).

Таблица 20 – Показатели отклонения цвета от заданных параметров образцов выработанных длинных нитевидных макаронных изделий, полученных на Колориметр NR-110

Наименование	ΔL	Δa	Δb	ΔC	ΔE_{ab}	% ΔE_{max}	ΔH
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	-4,09	1,19	2,81	2,95	5,10	2,59	0,80
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	-2,66	-0,11	-2,29	-2,28	3,51	1,78	0,25
Яр. тв. пш сорт Луч 25	2,36	0,32	0,75	0,79	2,49	1,27	0,20
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	-0,15	0,13	0,32	0,33	0,37	0,19	0,09
Яр. тв. пш сорт Тамара	0,14	-0,11	1,88	1,84	1,89	0,96	0,22
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	-0,84	0,15	2,46	2,46	2,61	1,32	0,46
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	0,30	-0,17	-0,71	-0,73	0,79	0,40	0,00
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	-2,05	1,38	15,34	15,31	15,54	7,89	1,72
Яр. мяг. пш сорт Александрит	3,23	-0,42	0,93	0,84	3,39	1,72	0,58

ΔL , Δa ; Δb , ΔC – разница между заданными значениями и полученными на каждый продукт; ΔE -общая характеристика цвета по отклонениям от стандарта; % ΔE_{max} – максимальная разница в % между заданными значениями и общей характеристикой цвета полученных образцов; ΔH – евклидова разница между образцом и стандартом.

Полученные результаты подтверждают целесообразность выбора крупки с высокими цветовыми характеристиками для производства макаронных изделий. Образцы с высоким содержанием каротиноидных пигментов и ярким цветом крупки сохраняют цвет выработанных длинных нитевидных макаронных изделий из сортов Елизаветинская, Памяти Васильчука, Луч 25, Тамара и Саратовская золотистая.

4.4 Обоснование применения показателя индекса твердости зерна как комплексного фактора отбора для переработки на макаронные цели

Высокая стекловидность твердой пшеницы обусловлена ее видовым признаком и значительно выше, чем у мягкой пшеницы. Показатель содержания стекловидных зерен влияет на помольные свойства зерна, которое используется для производства макаронных изделий. Стекловидность зерна твердой пшеницы обусловлена плотностью упаковки белковой матрицы, в которую встроены зерна

крахмала. Это предопределяет размер частиц при помоле, что в наибольшей степени ценится в крупке твердой пшеницы [151,64].

Несмотря на видовой признак стекловидности, тесной взаимосвязи между содержанием белка и стекловидностью не было обнаружено [14,10,12]. Поэтому для комплексной оценки технологических свойств зерна пшеницы необходимо дополнительно использовать его структурно-механические характеристики, в частности показатель твердозерности. Они предопределены натурой зерна, стекловидностью, размерами крахмальных зерен, соотношением структурных макрокомплексов и содержанием сухих веществ. Показатель твердозерности пшеницы является интегральным для мукомольных и макаронных свойств зерна [129,153,51].

При определении индекса твердости для исследуемых образцов увеличение влажности не требовалось. Учитывая влажность исследуемого зерна и максимальный момент измельчения, был рассчитан данный показатель за каждый год исследования (таблица 21 и таблица 22).

Таблица 21 – Показатели твердозерности яровой твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы за 2022 г.

Название	Удельная работа, Дж/г	Максимальный момент, Н*м	Длительность дробления, с	Влажность зерна, %	Выход муки, %	Индекс твердости, Н·м/%
2022 г.	A	M	T	H	Y	
Яр. тв. пш сорт Гордеинформе 432	25,54	24,43	21,48	11,80	14,45	0,28
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	27,83	26,75	21,48	12,10	11,22	0,30
Яр. тв. пш сорт Луч 25	27,76	26,7	21,33	11,90	10,05	0,30
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	28,03	28,22	20,69	12,30	9,87	0,32
Яр. тв. пш сорт Тамара	27,97	27,56	21,5	11,60	8,51	0,31
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	25,54	24,45	21,58	12,00	16,31	0,28
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	27,38	27,51	21,02	12,10	11,17	0,31
Яр. мяг. пш сорт Саратовская70	28,76	25,69	22,35	11,90	22,47	0,29
Яр. мяг. пш сорт Александрит	28,07	27,1	20,67	12,10	18,37	0,31
HCP _{0,5}	0,45	0,52	0,51	0,72	0,32	0,04

Исходя из данных характеристик за 2022 год, сорт яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука обладает хорошими макаронными свойствами. К удовлетворительным по качеству относятся сорта яровой твердой пшеницы Тамара, Елизаветинская, Луч 25, Саратовская золотистая, а также сорт яровой мягкой высокостекловидной пшеницы Александрит.

В 2022 году из исследуемых сортов имели максимальную стекловидность зерна 83-84% Александрит и Елизаветинская. Сорт Памяти Васильчука, имеющий высший индекс твердости, имел стекловидность зерна 75%. К неудовлетворительным по индексу твердости относят сорта Саратовская 70, Краснокутка 13 и Гордеiformе 432. Выход муки менее 10 % наблюдался у сортов яровой твердой пшеницы Памяти Васильчука и Тамара: 9,87 и 8,51 % соответственно [49]. Максимальный выход муки наблюдался у сортов яровой мягкой высокостекловидной пшеницы Саратовская 70 и Александрит. При этом на них была затрачена максимальная, как и на сорт Памяти Васильчука, удельная работа прибора более 28 Дж/г. Длительность дробления имеет расчётную прямую положительную зависимость с выходом муки $r^* = 0,45$.

Таблица 22 – Показатели твердозерности яровой твердой и мягкой высокостекловидной пшеницы за 2023 г.

Название	Удельная работа Дж/г	Макси- мальный момент, Н*м	Длитель- ность дробления, с	Влаж- ность зерна, %	Выход муки, г	Индекс твердости , Н·м/% с.в.
2023 г.	A	M	T	H	Y	
Яр. тв. пш сорт Гордеiformе 432	28,17	28,92	19,73	12,10	9,81	0,33
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	29,97	31,05	19,85	12,00	9,13	0,35
Яр. тв. пш сорт Луч 25	29,02	29,13	20,34	12,20	8,96	0,33
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	29,05	29,09	20,18	12,20	8,83	0,33
Яр. тв. пш сорт Тамара	30,57	30,98	20,29	11,90	6,88	0,35
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	30,38	30,78	20,24	12,10	9,59	0,35
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	29,08	29,33	20,28	11,50	8,89	0,33
Яр. мяг. пш сорт Саратовская 70	28,76	25,69	22,35	11,30	22,12	0,29
Яр. мяг. пш сорт Александрит	28,07	27,1	20,67	12,90	17,47	0,31
HCP _{0,5}	0,60	0,67	0,23	0,72	0,49	0,06

В 2023 году стекловидность исследуемых сортов яровой твердой пшеницы была от 88 до 98%, что отражено в высоких показателях индекса твердости в таблице 32. Сорта твердой пшеницы обладали выходом муки менее 10%, наименьший – у сорта Тамара (6,88%) (таблица 32). Сорт мягкой высокостекловидной пшеницы Александрит остался в группе удовлетворительного качества по данному показателю. Сорт мягкой высокостекловидной пшеницы Саратовская 70 остался в группе неудовлетворительного качества по индексу твердости с выходом муки больше на 39-44%, чем у твердой пшеницы.

Полученные за два года данные исследований показывают, что зависимость стекловидности зерна и выхода муки меняются от года (таблица 23).

Таблица 23 – Корреляционная зависимость показателя выхода муки и стекловидности зерна за 2022-2023 гг.

Показатели	Стекловидность зерна		
	2022	2023	среднее
Выход муки	-0,23	-0,90	-0,55

За время исследования была выявлена обратная зависимость между твердозерностью анализируемых сортов пшеницы и выходом муки (рисунок 20). Данные показывают, что чем выше показатель твердости пшеницы, тем меньше выход муки [51].

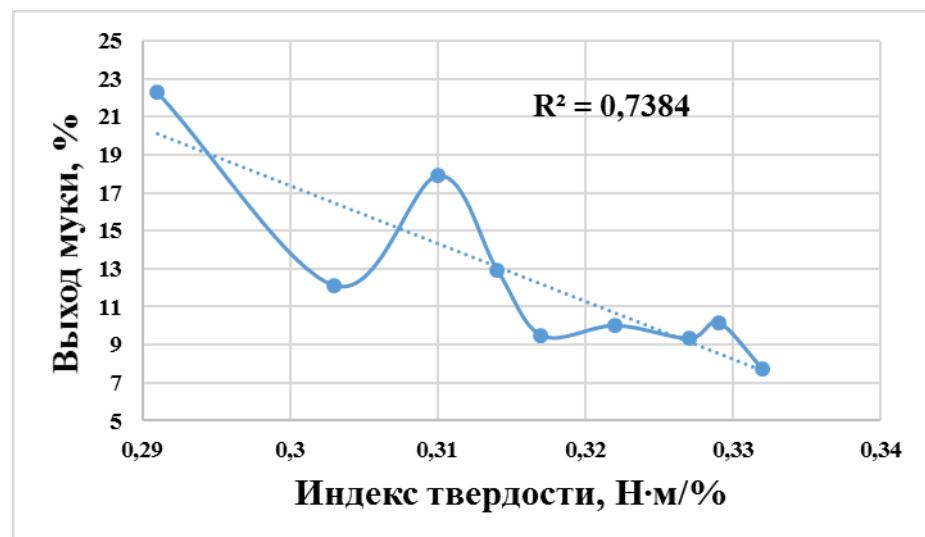


Рисунок 20 – График зависимости показателя твердозерности от выхода муки (2023-2024 гг.)

Это связано с тем, что частицы муки, полученной из твердозерной пшеницы, являются более крупными и их меньше проходит через сито.

В ходе проведения исследования была определена функциональная связь между этими показателями, имеющая вид [51]:

$$Bm = 2,757 \cdot 10^4 \cdot \exp(-24,65 \cdot Is)$$

Расчетные корреляционные зависимости индекса твердости от качественных показателей зерна представлены в таблице 24.

Прямой значимой корреляционной зависимостью с индексом твердости обладают качественные показатели зерна: масса 1000 зерен ($r^* = 0,71$), стекловидность ($r^* = 0,81$), выход крупки ($r^* = 0,73$). Прямой корреляционной зависимостью отличались показатели содержания белка в зерне ($r^* = 0,49$) и сырой клейковины в зерне ($r^* = 0,44$).

Таблица 24 – Корреляционная зависимость показателя индекса твердозерности и показателей качества исследуемых сортов (2022-2023 гг.)

Показатели	Индекс твердости
Натура зерна	-0,68
Масса 1000 зерен	0,71
Стекловидность зерна	0,81
Содержание белка в зерне	0,49
Содержание сырой клейковины в зерне	0,44
Выход муки	-0,87
Выход крупки	0,73
Предел прочности на излом сухих длинных нитевидных макаронных изделий	0,78
Сохранность формы длинных нитевидных макаронных изделий после варки	0,67
Количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду	-0,60
Время варки длинных нитевидных макаронных изделий до готовности	0,72

Значимая обратная корреляционная зависимость установлена между индексом твердости зерна и показателями: натура зерна ($r^* = -0,68$) и выход муки ($r^* = -0,87$). При сопоставлении структурно-механических характеристик зерна и макаронных изделий значимая прямая зависимость обнаружена между пределом прочности на излом полуфабриката и индексом твердости размола зерна ($r^* = 0,78$). Значимые корреляционные зависимости индекса твердости установлены с варочными свойствами длинных нитевидных макаронных изделий: сохранностью

формы после варки ($r^* = 0,67$), временем варки до готовности ($r^* = 0,72$), и количеством сухого вещества, перешедшего в варочную воду, ($r^* = -0,60$).

Установлено, что сорта с индексом прочности не менее 0,32 Н·мм/% с выходом муки не более 10% обладают хорошими макаронными свойствами [51]. К высоковердозерной пшенице относятся сорта: Памяти Васильчука, Тамара, и Елизаветинская; к среднетвердозерной – сорт Краснокутка 13, Луч 25, Гордеiformе 432 и Александрит; к мягкозерной – сорт Саратовская 70. Установленные показатели отражают высокую корреляционную зависимость между исходным показателем твердозерности пшеницы, соответственно, величиной максимального крутящего момента на приводе измельчителя при дезинтеграции зерна и качественными показателями зерна (стекловидностью, массой 1000 зерен, натурой, выходом крупки и муки) сортов яровой твердой и мягкой пшеницы [51], и со структурно-механическими характеристиками полуфабриката.

Заключение по главе 4

При исследовании макаронных изделий на соответствие государственным стандартам по физико-химическим показателям и по дополнительным требованиям производств к макаронным изделиям высшего сорта группы А можно отнести изделия из яровой твердой пшеницы сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Елизаветинская. Что также подтверждено исследованиями структурно-механических свойств и оценкой цветовых характеристик по дополнительным требованиям производств.

Макаронные изделия из исследуемых сортов яровой мягкой высокостекловидной пшеницы сортов Саратовская 70 и Александрит не отнесены к группам качества согласно НД, в связи с наличием лома и крошки сухих изделий, а также низким показателем сохранности формы изделий после варки на 3-7%. Это подтверждено исследованием структурно-механических свойств данных макаронных изделий.

Оценка цветовых характеристик выработанных макаронных изделий показала целесообразность выбора крупки с высокими цветовыми характеристиками для производства макаронных изделий, и доказала стабильность каротиноидных пигментов при технологическом процессе производства у сортов Елизаветинская, Памяти Васильчука, Луч 25, Тамара и Саратовская золотистая.

Применение показателя твердозерности зерна как комплексного фактора отбора сырья для переработки на макаронные изделия является обоснованным в связи с установленными высокими корреляционными зависимостями этого показателя с качественными показателями зерна, муки и крупки, а также со структурно-механическими характеристиками полуфабрикатов из сортов яровой пшеницы Саратовской селекции. Установлены группы качества по данному показателю: к высокотвердозерной пшенице относятся сорта: Памяти Васильчука, Тамара, и Елизаветинская; к среднетвердозерной – сорт Краснокутка 13, Луч 25, Гордеiformе 432 и Александрит; к мягкозерной – сорт Саратовская 70.

5. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОМПОЗИТНОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

При исследовании сохранности формы и варочных свойств полуфабрикатов макаронных изделий из выбранных сортов Саратовской селекции были выявлены отклонения от заданных характеристик у образцов из мягкой высокостекловидной пшеницы. На предприятиях по производству макаронных изделий при нехватке сырья требуемого качества составляют помольные партии. В связи с этим, для определения соотношения компонентов в композитной смеси и тщательного изучения смесительной способности крупки твердой пшеницы, было принято решение о внесении в сырье крупки из сортов мягкой высокостекловидной пшеницы Саратовская 70 и Александрит в количестве 25, 30 и 40% от общего количества сухой массы смеси. На основе выработанных образцов проведен ряд исследований на варочные, структурно-механические и цветовые характеристики. Это позволяет спрогнозировать предполагаемые соотношения композитных смесей для выработки качественной продукции.

5.1 Влияние количества крупки высокостекловидной мягкой пшеницы на варочные свойства макаронных изделий

Выработанные изделия были исследованы по органолептическим и физико-химическим свойствам согласно ГОСТ 31743-2017 (таблица 25 и таблица 26).

По органолептической оценке, длинные нитевидные макаронные изделия, полученные из композитных смесей с крупкой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70, соответствовали показателям НД, не имели посторонних привкусов и запахов (таблица 25). Неудовлетворительные физико-химические оценки получили образцы, выработанные из композитных смесей с крупкой твердой пшеницы сортов Саратовская золотистая и Краснокутка 13 во всех трех вариантах внесения.

Таблица 25 – Оценка органолептических и физико-химических свойств, полученных макаронных изделий, произведенных из композитных смесей из крупки твердой пшеницы с крупкой мягкой пшеницы Саратовская 70 согласно показателям по ГОСТ 31743-2017 (2022-2023 гг.

Наименование показателя	Донор 25 % яровая мягкая пшеницы сорта Саратовская 70						
	Гордеiforme 432	Саратовская золотистая	Луч 25	Памяти Васильчука	Тамара	Краснокутка 13	Елизаветинская
1	2	3	4	5	6	7	8
Цвет	светло-кремовый	светло-кремовый	светло-кремовый	светло-кремовый	светло-кремовый	белый	светло-кремовый
Состояние поверхности	гладкая без шероховатостей	шероховатая	гладкая без шероховатостей	гладкая без шероховатостей	гладкая без шероховатостей	шероховатая	гладкая без шероховатостей
Излом	стекловидный	мучнистый	стекловидный	стекловидный	стекловидный	мучнистый	стекловидный
Форма	соответствующая виду изделия						
Вкус	свойственный, без посторонних						
Запах	свойственный, без посторонних						
Состояние изделий после варки	не слипаются	слипаются	не слипаются	не слипаются	не слипаются	слегка слипаются	не слипаются
Сохранность формы после варки, %	100	85	100	100	100	90	100
Донор 30 % яровая мягкая пшеницы сорта Саратовская 70							
Цвет	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	светло-кремовый	светло-кремовый	белый	светло-кремовый
Состояние поверхности	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая
Излом	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый
Форма	соответствующая виду изделия						
Вкус	свойственный, без посторонних						
Запах	свойственный, без посторонних						
Состояние изделий после варки	слипаются	слипаются	слегка слипаются	слегка слипаются	слегка слипаются	слипаются	слегка слипаются
Сохранность формы после варки, %	85	80	90	90	90	80	90

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6	7	8
Донор 40 % яровая мягкая пшеницы сорта Саратовская 70							
Цвет	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый	белый с желтым оттенком
Состояние поверхности	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая
Излом	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый
Форма	соответствующая виду изделия						
Вкус	свойственный, без посторонних						
Запах	свойственный, без посторонних						
Состояние изделий после варки	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются
Сохранность формы после варки, %	85	70	80	80	85	75	85

Таблица 26 – Оценка органолептических и физико-химических свойств, полученных длинных нитевидных макаронных изделий из композитных смесей крупки твердой пшеницы с крупкой мягкой пшеницы Александрит согласно показателям по ГОСТ 31743-2017 за 2022-2023 гг.

Наименование показателя	Донор 25 % яровая мягкая пшеницы сорта Александрит						
	Гордеiformе 432	Саратовская золотистая	Луч 25	Памяти Васильчука	Тамара	Краснокутка 13	Елизаветинская
1	2	3	4	5	6	7	8
Цвет	светло-кремовый	светло-кремовый	светло-кремовый	светло-кремовый	светло-кремовый	белый	светло-кремовый
Состояние поверхности	шероховатая	шероховатая	гладкая без шероховатостей	гладкая без шероховатостей	гладкая без шероховатостей	шероховатая	гладкая без шероховатостей
Излом	мучнистый	мучнистый	стекловидный	стекловидный	стекловидный	стекловидный	стекловидный
Форма	соответствующая виду изделия						
Вкус	свойственный, без посторонних						

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6	7	8
Запах	свойственный, без посторонних						
Состояние изделий после варки	не слипаются	слегка слипаются	не слипаются	не слипаются	не слипаются	слегка слипаются	не слипаются
Сохранность формы после варки, %	100	80	100	100	100	100	100
Донор 30 % яровая мягкая пшеницы сорта Александрит							
Цвет	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	светло-кремовый	светло-кремовый	белый	светло-кремовый
Состояние поверхности	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая
Излом	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый
Форма	соответствующая виду изделия						
Вкус	свойственный, без посторонних						
Запах	свойственный, без посторонних						
Состояние изделий после варки	слегка слипаются	слипаются	слипаются	слегка слипаются	слегка слипаются	слипаются	слегка слипаются
Сохранность формы после варки, %	90	70	80	90	90	70	90
Донор 40 % яровая мягкая пшеницы сорта Александрит							
Цвет	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый с желтым оттенком	белый	белый с желтым оттенком
Состояние поверхности	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая	шероховатая
Излом	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый	мучнистый
Форма	соответствующая виду изделия						
Вкус	свойственный, без посторонних						
Запах	свойственный, без посторонних						
Состояние изделий после варки	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются	слипаются
Сохранность формы после варки, %	80	60	75	80	80	70	80

При повышении дозировки внесения крупки-донора Саратовская 70 до 30 и 40 % полученные изделия имели сохранность формы после варки менее 90%, мучнистый излом и характеризовались слипаемостью.

При увеличении внесения до 30% и 40% крупки донора сорта Саратовская 70 полученные образцы имели обесцвечивание от светло-кремового до полностью белого цвета с желтым оттенком (Краснокутка 13). Таким образом, соответствовали заданным параметрам нормативной документации полученные образцы с донором крупки сорта Саратовская 70 и реципиентом в количестве 75% сортов Гордеiforme 432, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара и Елизаветинская. Данные образцы имели более яркий светло-кремовый цвет полученных изделий (таблица 25).

По данным органолептической оценки длинные нитевидные макаронные изделия, полученные из композитных смесей с крупкой мягкой пшеницы сорта Александрит, соответствовали показателям НД, не имели посторонних привкусов и запахов (таблица 26). Шероховатая поверхность и обесцвечивание продукта до белого цвета наблюдались у образца из композитной смеси с крупкой сорта Краснокутка 13. При внесении донора крупки сорта Александрит в количестве 30% светло-кремовый цвет сохраняется у изделий с реципиентом сортов Тамара, Памяти Васильчука и Елизаветинская. Сохранность формы изделий после варки при внесении донора крупки Александрит в дозировках 30% и 40% снизилась на 10-40%. Это не соответствует нормативным документам. Исходя из полученных данных, с донором крупки Александрит имели, соответствующие НД, результаты реципиенты крупки твердой пшеницы в количестве 75 % сортов Гордеiforme 432, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Краснокутка 13 и Елизаветинская.

Согласно методикам, указанным в пункте 2.3 данной работы, были проведены исследования увеличения массы, сохранности формы после варки и количества сухого остатка, перешедшего в варочную воду. В качестве стандарта взяты данные, полученные при оценке варочных свойств длинных нитевидных макаронных изделий из крупки изучаемых сортов твердой пшеницы, указанные в пункте 4.1.

По рисунку 21 видно, что увеличение объема изделий ($HCP_{0,5}=0,25$) возросло у исследуемых образцов из композитных смесей с крупкой сорта Саратовская 70 до 62 %. Небольшое увеличение объема в исследуемых вариантах композитных смесей показали сорта Гордеiformе 432 и Памяти Васильчука.

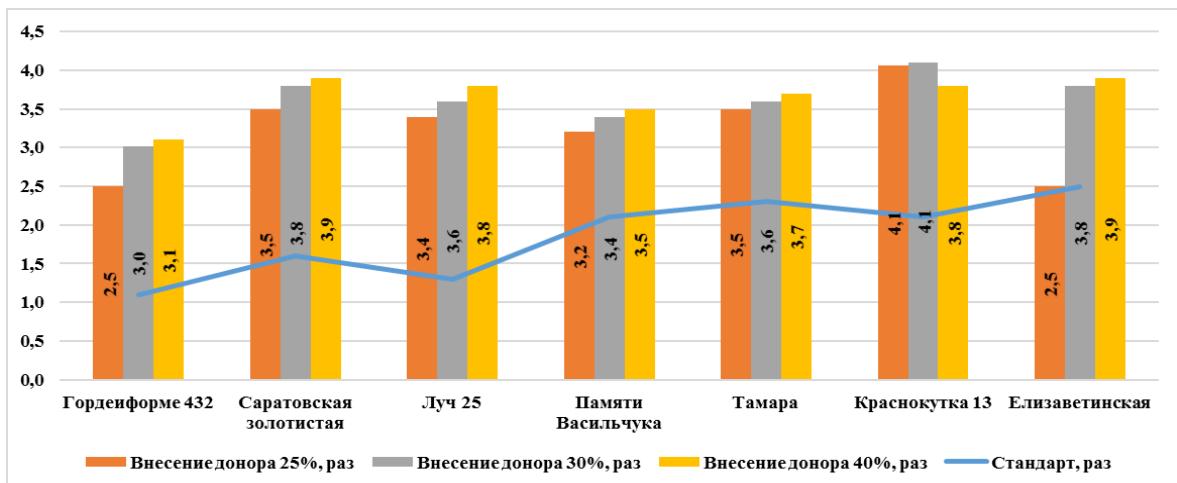


Рисунок 21 – Увеличение объема длинных нитевидных макаронных изделий из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы с донором крупки сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 в количестве 25, 30 и 40% (2022-2023 гг.), раз

При внесении донора сорта Саратовская 70 в количестве 25% показатель увеличения объема длинных нитевидных макаронных изделий в оптимальных значениях наблюдался с реципиентами сортов Елизаветинская и Гордеiformе 432. Значения, не входящие в диапазон НД, установлены у длинных нитевидных макаронных изделий из композитных смесей с реципиентами в количестве 75% сортов Саратовская золотистая, Краснокутка 13, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, а также с внесением донора – в количестве 30% и 40%.

Сохранность формы изделий после варки ($HCP_{0,5}=0,28$) в необходимых процентах сохранилась у образцов с добавлением донора Саратовская 70 в количестве 25% с реципиентами сортов Гордеiformе 432 и Елизаветинская (рисунок 22). Несоответствующий оптимальным значениям показатель установлен также с реципиентами в количестве 75% сортов Саратовская золотистая, Краснокутка 13, Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, а также с внесением донора – в количестве 30% и 40%.

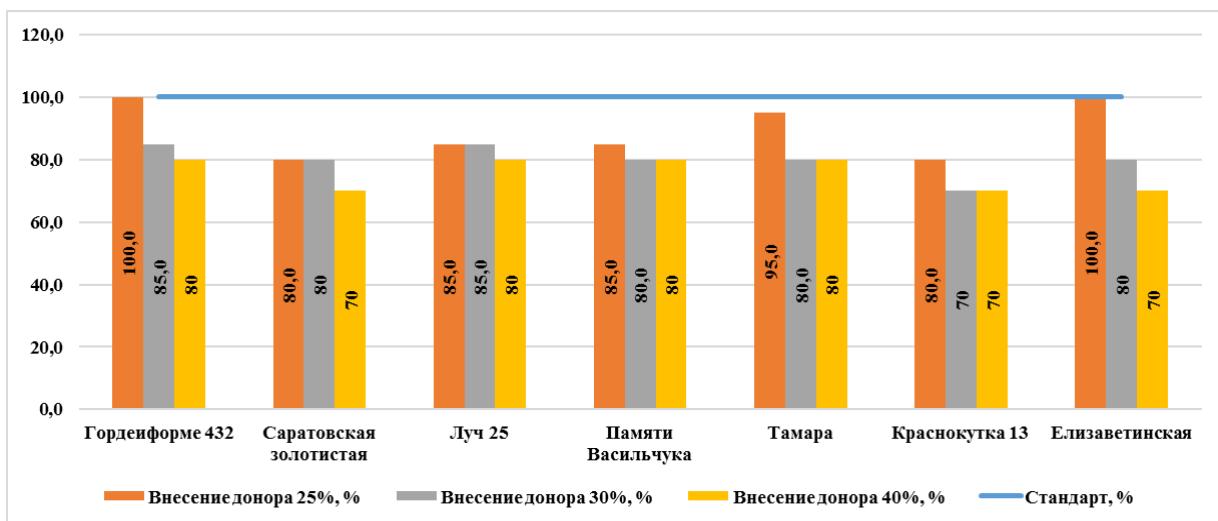


Рисунок 22 – Сохранность формы после варки длинных нитевидных макаронных изделий из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы с донором крупки сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 в количестве 25, 30 и 40% (2022-2023 гг.), %

При исследовании количества сухого вещества ($\text{НСР}_{0,5}=0,2$), перешедшего в варочную воду, у образцов с донором Саратовская 70 установлено несущественное увеличение. Тем не менее, показатель находится в необходимом диапазоне не более 6% у реципиентов сортов Гордеiformе 432, Тамара и Елизаветинская во всех вариантах опыта, а также у сорта Луч 25 – в количестве донора 75% и 70% (рисунок 23) [50]. Несоответствие данного показателя нормативным документам установлено у образцов с реципиентами сортов Саратовская золотистая (до 24%) и Краснокутка 13 (до 17,5%).

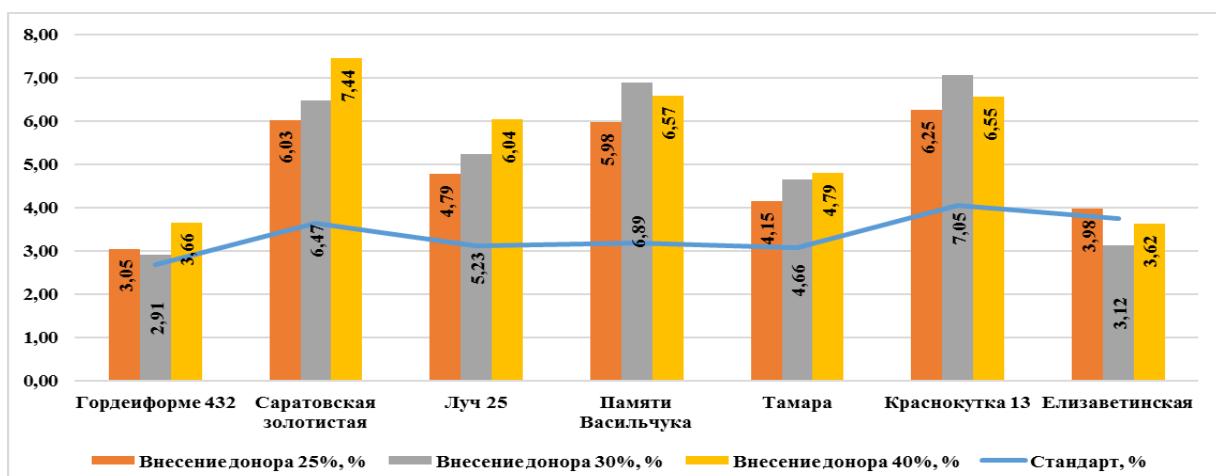


Рисунок 23 - Количество сухого остатка, перешедшего в варочную воду длинных нитевидных макаронных изделий из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы с донором крупки сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 в количестве 25, 30 и 40% (2022-2023 гг.), %

Исследование увеличения объёма изделий из композитных смесей с донором сорта Александрит ($HCP_{0,5}=0,19$) при внесении в количестве 25% показало, что заданными параметрами обладали композитные смеси с реципиентами сортов Гордеiformе 432, Елизаветинская, Памяти Васильчука и Тамара. Композитные смеси с реципиентами сортов Саратовская золотистая и Краснокутка 13 во всех вариантах опыта показали значения, не соответствующие НД (рисунок 24).

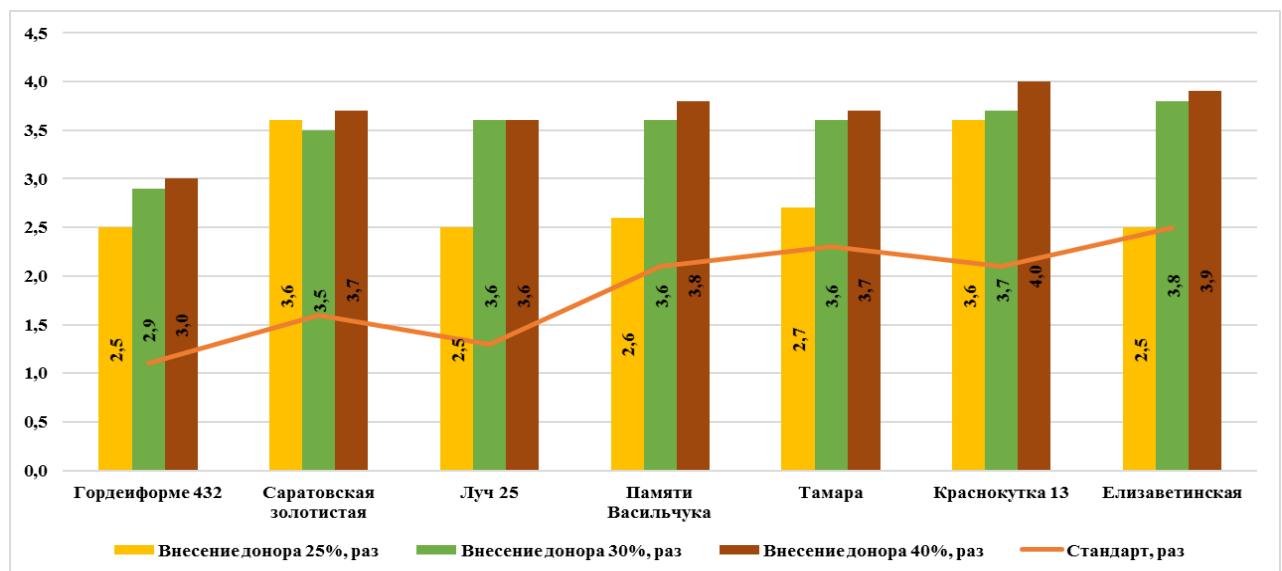


Рисунок 24 – Увеличение объема длинных нитевидных макаронных изделий из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы с донором крупки сорта яровой мягкой пшеницы Александрит в количестве 25, 30 и 40% (2022-2023 гг.), раз

При оценке сохранности формы изделий после варки ($HCP_{0,5}=0,76$) оптимальные результаты установлены у образцов с внесением донора крупки сорта Александрит в количестве 25 % и реципиентами сортов Луч 25, Тамара, Елизаветинская и Памяти Васильчука (рисунок 25).

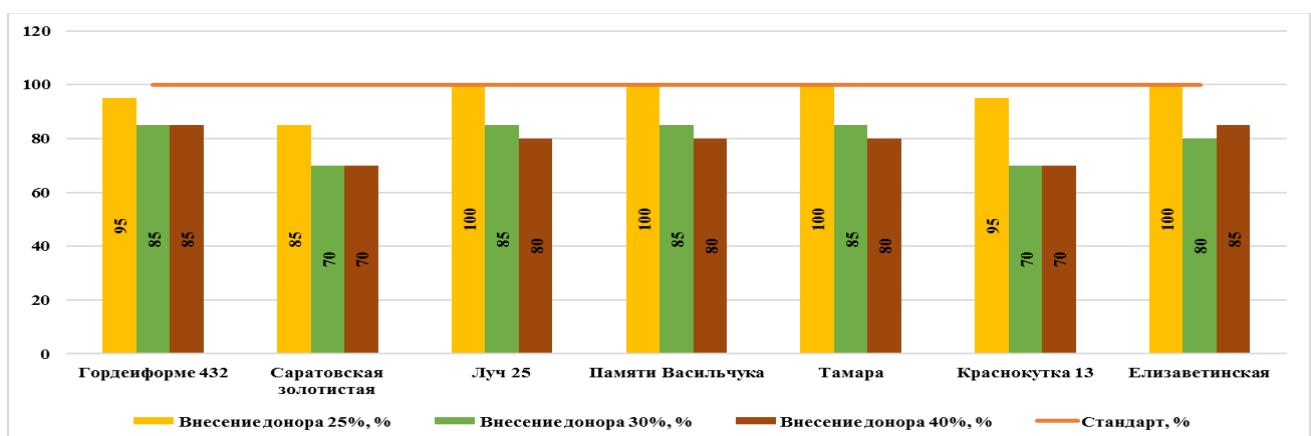


Рисунок 25 – Сохранность формы после варки длинных нитевидных макаронных изделий из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы с донором крупки сорта яровой мягкой пшеницы Александрит в количестве 25, 30 и 40% (2022-2023 гг.), %

Композитные смеси с реципиентами сортов Гордеiformе 432, Краснокутка 13 и Саратовская золотистая независимо от количества внесения донора имели параметры, не соответствующие заданным (рисунок 25).

При исследовании сухого остатка, перешедшего в варочную воду ($HCP_{0,5}=0,19$), оптимальными значениями обладали смеси с реципиентами сортов Гордеiformе 432, Елизаветинская и Тамара во всех вариантах внесения донора сорта Александрит. Соответствующие стандартам значения имели изделия из композитных смесей с реципиентами сортов Луч 25 в количестве 75 и 70 %, Памяти Васильчука в количестве 75% и Краснокутка 13 в количестве 75%. Результат, не входящий в диапазон заданных значений, наблюдался у реципиента сорта Саратовская золотистая во всех вариантах опыта (рисунок 26).

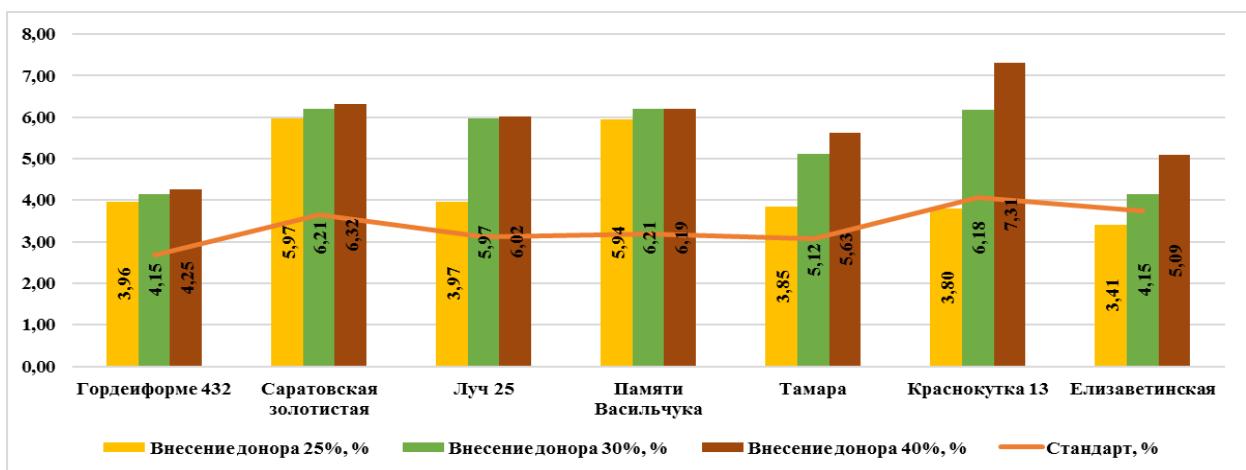


Рисунок 26 – Количество сухого остатка, перешедшего в варочную воду длинных нитевидных макаронных изделий из изучаемых сортов яровой твердой пшеницы с донором крупки сорта яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 в количестве 25, 30 и 40% (2022-2023гг.), %

При сопоставлении результатов этого опыта выделены композитные смеси, которые обладали соответствующими необходимыми показателями для макаронных изделий хорошего качества по варочным свойствам. Таковыми, согласно исследованию, являются:

- две композитные смеси с донором крупки яровой пшеницы сорта Саратовская 70 в количестве 25% с реципиентами крупки из сортов Гордеiformе 432 и Елизаветинская;

– четыре композитные смеси с донором крупки мягкой яровой пшеницы сорта Александрит в количестве 25 % с реципиентами сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Елизаветинская [49].

Данные композитные смеси обладали варочными свойствами, соответствующими необходимым показателям для макаронных изделий хорошего качества.

Установлено, что внесение доноров мягкой высокостекловидной пшеницы более 25% снижает варочные свойства макаронных изделий. Это приводит к развариванию изделий и увеличению количества сухого остатка, перешедшего в варочную воду.

5.2 Влияние внесения крупки высокостекловидной мягкой пшеницы на излом и цветовые характеристики полуфабриката

Для изучения сохранности образцов при механическом воздействии были получены данные излома образцов сухих длинных нитевидных макаронных изделий, выработанных из композитных смесей исследуемых сортов с внесением донора мягкой высокостекловидной пшеницы в количестве 25%. Как доказано ранее, для получения необходимых параметров качества показатель предельного усилия нагружения должен быть более 80 г.

Данные значения выявлены у вариантов:

- с донором яровой мягкой пшеницы Саратовская 70 и реципиентом сорта яровой твердой пшеницы Елизаветинская;
- с донором яровой мягкой пшеницы Александрит и реципиентами крупки сортов яровой твердой пшеницы Елизаветинская, Памяти Васильчука (таблица 27).

Результаты расчётов предела прочности образцов длинных нитевидных макаронных изделий, выработанных из композитных смесей исследуемых сортов с внесением донора в количестве 25%, представлены на рисунке 27.

Таблица 27 – Результаты исследования излома выработанных образцов сухих длинных нитевидных макаронных изделий из композитных смесей исследуемых сортов с внесением донора в количестве 25% среднее за 2023-2024 гг.

Наименование показателя	Донор 25 %	Наименование реципиента в количестве 75 %							
		яр. тв. пш. Гордеифор- ме 432	яр. тв. пш. Саратовская золотистая	яр. тв. пш. Луч 25	яр. тв. пш. Памяти Васильчука	яр. тв. пш. Тамара	яр. тв. пш. Краснокутка 13	яр. тв. пш. Елизаветинс- кая	HCP _{0,5}
Предельное усилие нагружения, г	яр. мяг. пш. Саратовская 70	56,5	47,5	70,5	49,0	66,5	60,5	80,0	0,99
	яр. мяг. пш. Александрит	58,0	68,0	47,0	80,1	30,5	36,5	98,5	0,90
Деформация при твердости, мм	яр. мяг. пш. Саратовская 70	2,30	2,10	2,4	1,70	2,90	2,30	3,10	0,27
	яр. мяг. пш. Александрит	2,10	2,25	1,03	2,35	1,14	1,29	3,42	0,28
Рабочий цикл излома, г*см	яр. мяг. пш. Саратовская 70	7,7	5,8	9,4	4,9	11,0	7,9	14,8	0,70
	яр. мяг. пш. Александрит	7,1	8,8	2,7	10,6	2,4	3,0	18,6	0,61
Деформация на цели, мм	яр. мяг. пш. Саратовская 70	4,98	4,98	4,97	4,93	4,92	4,94	4,98	0,02
	яр. мяг. пш. Александрит	4,94	4,93	4,92	4,81	4,8	4,93	4,94	0,02

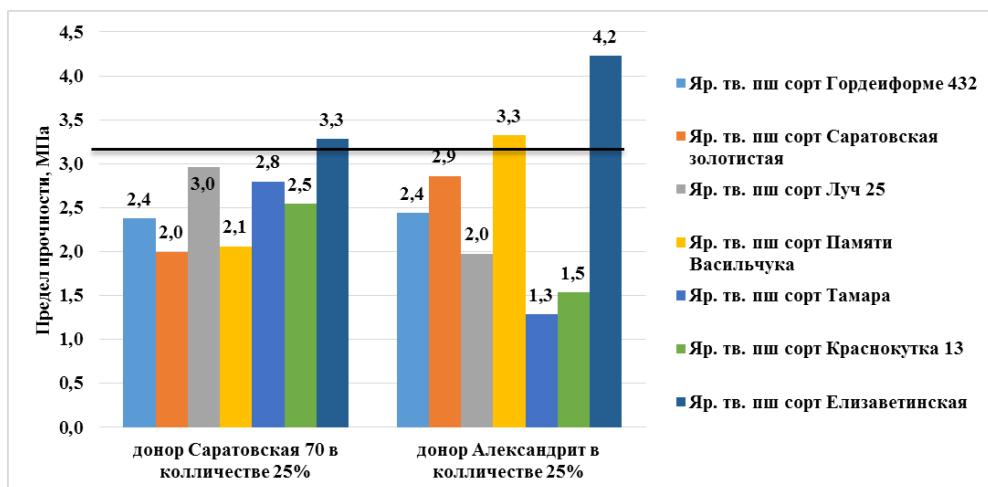


Рисунок 27 – Среднее значения предела прочности выработанных образцов длинных нитевидных макаронных изделий из композитных смесей исследуемых сортов с внесением донора в количестве 25% (2023 - 2024гг.), МПа

Не удовлетворяющими требованиям значениями обладали образцы с внесением донора 25% крупки сорта Александрит и реципиентами крупки сортов Тамара и Краснокутка 13. Результаты на 63 % и 57 % ниже заданных характеристик соответственно.

Экспериментально установлено, что высокого значения для макаронных изделий по показателю предела прочности на 31,3 % достиг образец композитной смеси из донора крупки яровой мягкой пшеницы сорта Александрит и реципиента крупки яровой мягкой пшеницы сорта Елизаветинская (рисунок 28). Это свидетельствует об отличительном качестве данной композитной смеси.

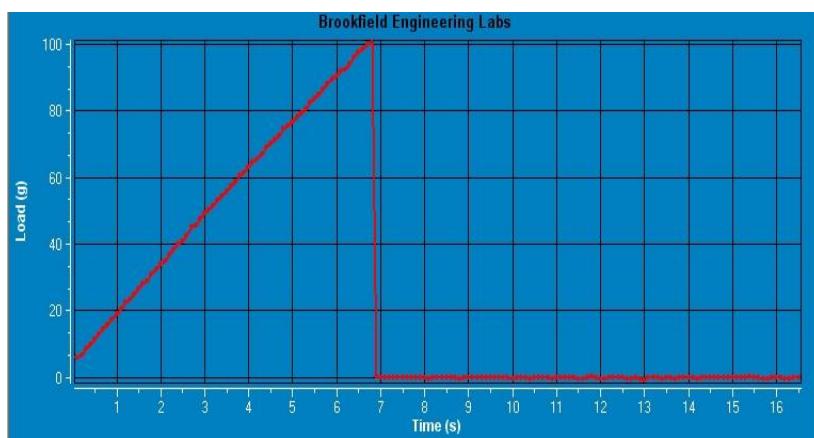


Рисунок 28 – График максимального значения предельного усилия нагружения длинных нитевидных макаронных изделий из композитной смеси из донора в количестве 25% крупки сорта Александрит и реципиента сорта Елизаветинская за 2024 г.

При исследовании цвета крупки оптимальными параметрами обладали композитные смеси с донором крупки мягкой пшеницы сорта Александрит и

реципиентов Елизаветинская, Саратовская золотистая и Тамара. При введении донора яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 наблюдается снижение цветовых показателей крупки на 8,9-27,3 % относительно требуемых показателей производств для всех реципиентов. Меньшее снижение (1,1%), но в пределах требуемых значений, остается у композитной смеси с реципиентом яровой твердой пшеницы сорта Тамара (таблица 28).

При внесении донора яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 образцы выработанных длинных нитевидных макаронных изделий снизили показатель яркости цвета на 9 – 32% за время проведения эксперимента (рисунок 29). Но увеличили показатель осветленности от 1% (реципиент Тамара) до 14 % (реципиент Саратовская золотистая) относительно образцов, выработанных из крупки твердой пшеницы. Образец из смеси с реципиентом Гордеiforme 432 уменьшил осветленность на 2 % (рисунок 30).

Таблица 28 – Цветовые характеристики композитных смесей с внесением доноров мягкой высокостекловидной пшеницы в количестве 25 % на приборе Spekol-10 (2023-2024 гг.)

Реципиент	25 % донор яр. мяг. пш. Саратовская 70		25% донор яр. мяг. пш. Александрит	
	ИЖ муки, б%	ИЖ крупки, б%	ИЖ муки, б%	ИЖ крупки, б%
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	15,23	16,36	16,95	18,57
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	18,28	20,05	20,33	22,25
Яр. тв. пш сорт Луч 25	16,63	18,10	18,68	20,30
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	18,28	20,13	19,33	21,33
Яр. тв. пш сорт Тамара	19,79	21,77	19,93	22,02
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	15,20	16,00	17,25	18,20
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	18,07	19,88	20,80	22,88

По значениям красного сегмента продукта показатели снизились от 2,5 % (реципиент Гордеiforme 432) до 60,2% (реципиент Саратовская золотистая). Желтизна образцов уменьшилась на 8,46 % (реципиент Тамара) – 31,1 % (реципиент Саратовская золотистая). Аналогичное снижение на 9 – 32 % за время проведения эксперимента наблюдалось с показателем яркости цвета.

При внесении донора сорта яровой мягкой пшеницы Александрит образцы выработанных длинных нитевидных макаронных изделий уменьшили осветленность от 1% (реципиент Елизаветинская) до 12 % (реципиент Памяти

Васильчука) относительно выработанных образцов из крупки твердой пшеницы (рисунок 30). Аналогичное снижение за время проведения эксперимента наблюдалось с показателем яркости цвета на 6 – 20 %. Образец длинных нитевидных макаронных изделий с реципиентом сорта Гордеiformе 432 увеличил степень яркости образца на 3 % (рисунок 29). При расчете показателя евклидовой разности для данного донора наибольшее отклонение от заданных характеристик производства наблюдалось у образца с реципиентом сорта Краснокутка 13 (1,07).

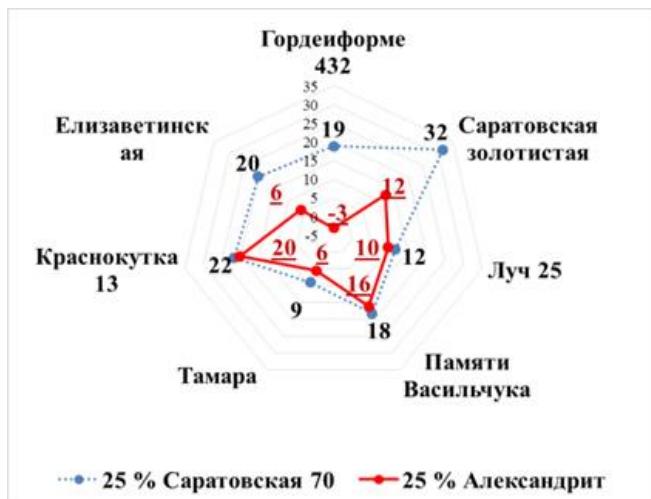


Рисунок 29 – Процент снижения яркости цвета макаронных изделий с внесением реципиента в количестве 25%



Рисунок 30 – Процент изменения осветленности макаронных изделий с внесением реципиента в количестве 25%

При расчете показателя евклидовой разности для донора сорта Саратовская 70 максимальное отклонение от заданных характеристик производства наблюдалось у образца из смеси с реципиентом сортов Саратовская золотистая (1,86) и Памяти Васильчука (0,92). Незначительное расхождение евклидовой разности получено у образцов из смеси с реципиентами сортов Краснокутка 13 (0,27) и Луч 25 (0,49) (таблица 29).

Таким образом, донор яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 при внесении в дозировке 25% от общего состава сухих компонентов смеси снижает показатели цвета сортов с высокими цветовыми характеристиками. При этом увеличивается отклонение цветовых характеристик продукта относительно стандартов, требуемых производствами.

Таблица 29 – Показатели цветовых характеристик, исследуемых образцов макаронных изделий с донором яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 в количестве 25 % за 2023-2024 гг.

Реципиент	25 % донор Саратовская 70											
	L	ΔL	a	Δa	b	Δb	C	ΔC	ΔE _{ab}	% ΔE _{max}	h	ΔH
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	70,37	-2,63	3,51	1,28	21,03	7,80	21,34	7,89	8,33	4,23	79,83	0,54
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	81,92	-14,18	1,95	2,84	21,44	7,39	21,53	7,70	16,24	8,25	84,79	1,86
Яр. тв. пш сорт Луч 25	68,47	-0,73	3,67	1,12	24,87	3,96	25,14	4,09	4,18	2,12	81,61	0,49
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	75,16	-7,42	3,06	1,73	23,44	5,39	23,64	5,59	9,34	4,74	82,66	0,92
Яр. тв. пш сорт Тамара	68,37	-0,63	3,52	1,27	24,67	4,16	24,92	4,31	4,40	2,23	81,88	0,62
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	73,25	-5,51	3,22	1,57	20,69	8,14	20,94	8,29	9,96	5,06	81,17	0,27
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	70,67	-2,93	3,40	1,39	23,64	5,19	23,89	5,34	6,12	3,11	81,78	0,63

Таблица 30 – Показатели цветовых характеристик, исследуемых образцов макаронных изделий с донором яровой мягкой пшеницы сорта Александрит в количестве 25 % за 2023-2024 гг.

Реципиент	25% донор Александрит											
	L	ΔL	a	Δa	b	Δb	C	ΔC	ΔE ab	% ΔE _{max}	h	ΔH
Яр. тв. пш сорт Гордеiforme 432	70,43	-2,69	4,11	0,68	26,79	2,04	27,10	2,13	3,45	1,75	81,29	0,33
Яр. тв. пш сорт Саратовская золотистая	67,15	0,59	4,54	0,25	27,23	1,60	27,61	1,62	1,73	0,88	80,56	0,11
Яр. тв. пш сорт Луч 25	59,16	8,58	4,46	0,33	25,31	3,52	25,70	3,53	9,28	4,71	80,02	0,26
Яр. тв. пш сорт Памяти Васильчука	60,74	7,00	4,06	0,73	23,88	4,95	24,23	5,00	8,61	4,37	80,35	0,28
Яр. тв. пш сорт Тамара	62,23	5,51	4,50	0,29	25,48	3,35	25,88	3,35	6,46	3,28	80,01	0,33
Яр. тв. пш сорт Краснокутка 13	64,19	3,55	4,43	0,36	20,90	7,93	21,36	7,87	8,70	4,42	78,04	1,07
Яр. тв. пш сорт Елизаветинская	66,50	1,24	4,54	0,25	27,81	1,02	28,17	1,06	1,63	0,83	80,72	0,00

Поэтому внесение крупки мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 в композитные смеси должно быть менее 25% для сохранения цветовых характеристик продукта.

При расчете показателя евклидовой разности для донора сорта Александрит наибольшее отклонение от заданных характеристик производства наблюдалось у образца с реципиентом сорта Краснокутка 13 (1,07). Отклонения евклидовой разности не зафиксировано у образца с реципиентом сорта Елизаветинская (0,0). Также незначительные отклонения имели образцы с реципиентами сортов Саратовская золотистая (0,11), Луч 25 (0,26), Памяти Васильчука (0,28), Гордеiforme 432 (0,33) и Тамара (0,33) (таблица 30).

Донор яровой мягкой пшеницы сорта Александрит при внесении в дозировке 25% от общего состава сухих компонентов смеси незначительно уменьшает показатели цвета сортов с высокими цветовыми характеристиками. В композитной смеси с реципиентом крупки яровой твердой пшеницы сорта Елизаветинская сохраняются показатели цвета относительно заданных для макаронной продукции характеристик.

При сопоставлении полученных данных оптимальными показателями по дополнительным показателям производств обладала одна композитная смесь с донором яровой мягкой пшеницы Александрит и реципиентом крупки сорта яровой твердой пшеницы Елизаветинская в соотношении 75/25.

5.3 Прогнозирование варочных свойств продукта для оптимизации состава композитной смеси

С целью прогнозирования и определения оптимальных составов композитных смесей были рассчитаны модельные образцы макаронных изделий по значимым качественным показателям продукта. При этом учитывались полученные ранее данные о варочных, физико-механических, а также цветовых свойствах изделий.

Для расчета использовали регрессионную статистику по каждому исследуемому образцу с твердой и мягкой пшеницей исследуемых сортов. Шаг

внесения составлял 5 %. Расчет проводился с заменой части сухого состава от 0 до 100 %. Расчетные данные представлены в таблицах 31 и 32.

Для оценки влияния факторов использовалась переменная, значение которой рассчитывалось по формуле:

$$Y = a + \beta_1 X_1^2 + \beta_2 X_2^2 \dots \beta_n X_n + u \quad (12)$$

где а – это Y- пересечение, расчетный коэффициент, показывающий какое значение будет у Y, при всех остальных факторах равных нулю;

X_1, X_2 – факторы, влияющие на переменную;

β_1, β_2 – коэффициенты регрессии, на каждый фактор;

u – случайная ошибка.

Для определения дозировки внесения доноров использовали три показателя варочных свойств: сохранность формы после варки до готовности, количество сухого вещества, перешедшего в варочную воду, и увеличение массы длинных нитевидных макаронных изделий после варки. В расчетных моделях выявлено, что для донора яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 максимальной дозировкой внесения является 25 % для реципиентов сортов Гордеiforme и Елизаветинская, 20 % – для сортов Луч 25 и Тамара. Это соответствует полученным экспериментальным данным.

Для реципиентов сортов Луч 25 и Елизаветинская выявлена максимальная дозировка внесения донора яровой мягкой пшеницы сорта Александрит, позволяющая сохранить заданные параметры продукта. Ее значение составляет 25%. Для реципиентов сортов Гордеiforme 432, Тамара, Памяти Васильчука этот показатель равен 20 %.

Без учета сортов реципиентов и доноров были выведены средние значения по цвету крупки и варочным свойствам. Построены модели по четырем показателям: сохранность формы после варки, увеличение изделий после варки, количество сухого остатка, перешедшего в варочную воду и индексу цвета крупки (рисунок 31, 32, 33, 34).

Таблица 31 - Расчетная модель продукта по варочным свойствам из композитной смеси с донором сорта Саратовская 70

Состав смеси		Реципиенты											
		Гордеиформе 432				Саратовская золотистая				Луч 25			
Реци-пиент, %	Донор, %	Сохра-нность формы, %	Увели-чение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохра-нность формы, %	Увели-чение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохра-нность формы, %	Увели-чение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%
100	0	100	1,10	2,61	18,76	100	1,64	3,55	23,54	100	1,35	3,03	20,95
95	5	99	1,46	2,72	18,26	96	2,08	4,24	22,83	97	1,81	3,53	20,36
90	10	98	1,79	2,82	17,77	91	2,48	4,85	22,12	96	2,24	3,99	19,79
85	15	96	2,09	2,92	17,29	86	2,84	5,40	21,43	96	2,63	4,40	19,22
80	20	95	2,36	3,02	16,82	83	3,16	5,88	20,74	95	2,97	4,76	18,66
75	25	95	2,61	3,11	16,36	80	3,44	6,29	20,05	90	3,28	5,07	18,10
70	30	90	2,83	3,20	15,91	77	3,68	6,63	19,37	87	3,54	5,34	17,55
65	35	87	3,02	3,28	15,46	75	3,89	6,90	18,69	85	3,76	5,56	17,00
60	40	85	3,18	3,36	15,02	73	4,05	7,10	18,02	81	3,95	5,73	16,46
55	45	84	3,32	3,44	14,59	72	4,18	7,23	17,36	80	4,09	5,85	15,92
50	50	84	3,43	3,52	14,17	71	4,26	7,29	16,70	79	4,19	5,93	15,39
45	55	84	3,51	3,59	13,76	71	4,31	7,29	16,05	79	4,26	5,96	14,87
40	60	83	3,56	3,66	13,35	71	4,32	7,21	15,40	79	4,28	5,94	14,35
35	65	84	3,59	3,73	12,95	72	4,29	7,06	14,75	80	4,26	5,88	13,84
30	70	84	3,59	3,79	12,56	74	4,22	6,85	14,12	81	4,20	5,77	13,33
25	75	85	3,56	3,85	12,18	76	4,11	6,57	13,48	82	4,10	5,61	12,83
20	80	86	3,50	3,91	11,81	78	3,97	6,21	12,86	83	3,96	5,40	12,33
15	85	87	3,42	3,96	11,45	81	3,78	5,79	12,23	85	3,78	5,15	11,84
10	90	89	3,30	4,01	11,09	84	3,56	5,30	11,62	88	3,55	4,85	11,35
5	95	90	3,16	4,05	10,74	88	3,29	4,74	11,01	90	3,29	4,50	10,87
0	100	93	3,00	4,10	10,40	93	2,99	4,10	10,40	93	2,99	4,10	10,40

Продолжение таблицы 31

Состав смеси	Реципиенты																
	Памяти Васильчука				Тамара				Краснокутка 13				Елизаветинская				
%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	
100	0	100	2,11	3,24	23,68	100	2,33	3,05	25,77	100	2,23	4,13	17,74	100	2,34	3,78	22,16
95	5	96	2,37	3,94	22,96	98	2,60	3,36	24,96	95	2,60	4,68	17,40	99	2,57	3,72	21,74
90	10	92	2,61	4,58	22,24	97	2,84	3,65	24,16	89	2,94	5,18	17,05	99	2,79	3,68	21,30
85	15	89	2,83	5,14	21,53	97	3,06	3,90	23,36	84	3,24	5,61	16,70	97	2,98	3,64	20,84
80	20	86	3,02	5,64	20,82	95	3,25	4,13	22,56	80	3,51	5,99	16,35	96	3,14	3,60	20,37
75	25	84	3,19	6,06	20,13	90	3,42	4,34	21,77	77	3,74	6,31	16,00	95	3,29	3,58	19,88
70	30	82	3,34	6,42	19,43	88	3,57	4,51	20,98	74	3,94	6,57	15,64	90	3,42	3,56	19,37
65	35	80	3,46	6,70	18,75	85	3,69	4,66	20,20	71	4,10	6,78	15,29	86	3,53	3,55	18,84
60	40	79	3,56	6,92	18,07	82	3,79	4,78	19,42	69	4,22	6,92	14,93	79	3,61	3,55	18,30
55	45	78	3,64	7,06	17,39	81	3,86	4,87	18,64	68	4,31	7,00	14,56	78	3,68	3,55	17,73
50	50	78	3,70	7,14	16,73	81	3,90	4,93	17,87	68	4,37	7,03	14,20	77	3,72	3,56	17,15
45	55	77	3,73	7,15	16,07	80	3,92	4,97	17,11	67	4,39	7,00	13,83	77	3,75	3,58	16,56
40	60	78	3,74	7,08	15,41	80	3,92	4,98	16,34	68	4,37	6,91	13,46	77	3,75	3,61	15,94
35	65	78	3,73	6,95	14,76	81	3,89	4,97	15,59	69	4,32	6,76	13,08	77	3,73	3,64	15,31
30	70	79	3,69	6,75	14,12	81	3,84	4,92	14,83	71	4,23	6,55	12,71	78	3,69	3,68	14,66
25	75	81	3,63	6,47	13,49	82	3,76	4,85	14,08	73	4,11	6,28	12,33	79	3,64	3,73	14,00
20	80	82	3,55	6,13	12,86	84	3,65	4,75	13,34	76	3,95	5,95	11,95	81	3,56	3,78	13,31
15	85	84	3,45	5,72	12,23	86	3,53	4,63	12,60	79	3,76	5,57	11,57	83	3,46	3,85	12,61
10	90	87	3,32	5,24	11,62	88	3,37	4,47	11,86	83	3,53	5,12	11,18	86	3,33	3,92	11,89
5	95	90	3,17	4,68	11,00	90	3,20	4,29	11,13	88	3,27	4,62	10,79	89	3,19	3,99	11,15
0	100	93	3,00	4,06	10,40	93	2,99	4,08	10,40	93	2,97	4,06	10,40	93	3,03	4,08	10,40

Таблица 32 – Расчетная модель продукта по варочным свойствам из композитной смеси с донором сорта Александрит

Состав смеси		Гордеиформе 432						Саратовская золотистая			Луч 25				
		Реци-пиент, %	Донор, %	Сохрани- тельность формы, %	Увели- чение, раз	Кол-во сух.в- ва, %	Индекс цвета, b%	Сохрани- тельность формы, %	Увели- чение, раз	Кол-во сух.в- ва, %	Индекс цвета, b%	Сохрани- тельность формы, %	Увели- чение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%
100	0	100	1,11	2,69	18,76	100		1,67	3,69	23,54	100		1,24	2,93	20,95
95	5	98	1,45	3,01	18,70	98		2,07	4,25	23,26	99		1,65	3,47	20,80
90	10	96	1,76	3,29	18,65	96		2,44	4,76	23,00	98		2,03	3,96	20,66
85	15	96	2,05	3,54	18,61	93		2,77	5,20	22,74	97		2,38	4,39	20,53
80	20	95	2,31	3,75	18,59	91		3,06	5,57	22,49	96		2,69	4,77	20,41
75	25	91	2,54	3,94	18,57	90		3,32	5,89	22,25	96		2,96	5,08	20,30
70	30	88	2,75	4,10	18,56	88		3,54	6,14	22,02	90		3,20	5,35	20,20
65	35	87	2,94	4,22	18,57	87		3,73	6,32	21,79	88		3,41	5,55	20,10
60	40	86	3,09	4,31	18,59	86		3,88	6,45	21,58	86		3,59	5,70	20,01
55	45	86	3,23	4,37	18,61	86		4,00	6,51	21,37	85		3,73	5,79	19,93
50	50	85	3,33	4,40	18,65	85		4,09	6,50	21,17	84		3,83	5,82	19,86
45	55	85	3,42	4,40	18,70	85		4,13	6,44	20,97	84		3,90	5,80	19,80
40	60	85	3,47	4,37	18,75	86		4,15	6,31	20,79	84		3,94	5,72	19,74
35	65	86	3,50	4,31	18,82	86		4,12	6,11	20,61	85		3,94	5,58	19,70
30	70	87	3,51	4,21	18,90	87		4,07	5,86	20,44	86		3,91	5,39	19,66
25	75	88	3,48	4,09	18,99	88		3,97	5,54	20,28	87		3,85	5,14	19,63
20	80	89	3,44	3,93	19,09	90		3,85	5,15	20,13	88		3,75	4,83	19,61
15	85	91	3,37	3,74	19,20	91		3,68	4,70	19,99	90		3,61	4,46	19,59
10	90	95	3,27	3,52	19,33	93		3,49	4,19	19,85	92		3,45	4,04	19,59
5	95	96	3,14	3,27	19,46	95		3,25	3,62	19,72	94		3,24	3,56	19,59
0	100	97	3,00	2,99	19,60	98		2,98	2,98	19,60	97		3,01	3,03	19,60

Продолжение таблицы 32

Состав смеси	Реципиенты																
	Памяти Васильчука				Тамара				Краснокутка 13				Елизаветинская				
%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	Сохранность формы, %	Увеличение, раз	Кол-во сух.в-ва, %	Индекс цвета, b%	
100	0	100	1,99	3,25	23,68	100	2,21	3,25	25,77	100	2,11	3,60	17,74	100	2,39	3,50	22,16
95	5	99	2,27	3,89	23,14	99	2,45	3,89	24,88	98	2,46	4,12	17,83	99	2,63	3,68	22,38
90	10	98	2,53	4,47	22,63	99	2,67	4,47	24,05	92	2,78	4,59	17,92	99	2,85	3,84	22,56
85	15	96	2,77	4,97	22,16	97	2,87	4,97	23,28	88	3,07	4,99	18,02	98	3,05	3,98	22,70
80	20	95	2,98	5,40	21,72	96	3,04	5,40	22,57	84	3,32	5,34	18,11	97	3,22	4,10	22,81
75	25	90	3,17	5,77	21,33	92	3,20	5,77	21,92	81	3,54	5,63	18,20	96	3,38	4,20	22,88
70	30	88	3,33	6,07	20,96	88	3,33	6,07	21,34	78	3,73	5,86	18,29	91	3,51	4,28	22,91
65	35	87	3,47	6,29	20,63	87	3,45	6,29	20,81	76	3,89	6,04	18,38	87	3,62	4,33	22,91
60	40	86	3,59	6,45	20,34	86	3,54	6,45	20,35	74	4,02	6,16	18,48	86	3,70	4,36	22,87
55	45	85	3,68	6,54	20,08	85	3,61	6,54	19,95	73	4,11	6,22	18,57	85	3,77	4,37	22,80
50	50	84	3,74	6,56	19,86	84	3,67	6,56	19,61	72	4,17	6,22	18,66	85	3,81	4,36	22,69
45	55	84	3,78	6,51	19,67	84	3,70	6,51	19,34	72	4,20	6,17	18,76	85	3,83	4,33	22,54
40	60	84	3,79	6,39	19,52	84	3,70	6,39	19,12	73	4,19	6,05	18,85	85	3,83	4,27	22,36
35	65	85	3,78	6,21	19,41	85	3,69	6,21	18,96	74	4,16	5,89	18,94	85	3,81	4,20	22,14
30	70	86	3,75	5,95	19,33	86	3,66	5,95	18,87	76	4,09	5,66	19,04	88	3,76	4,10	21,89
25	75	87	3,69	5,63	19,29	87	3,61	5,63	18,84	78	3,99	5,37	19,13	93	3,69	3,98	21,60
20	80	88	3,61	5,23	19,28	88	3,53	5,23	18,87	80	3,85	5,03	19,22	95	3,60	3,83	21,27
15	85	90	3,50	4,77	19,30	90	3,43	4,77	18,96	84	3,69	4,63	19,32	95	3,49	3,67	20,91
10	90	92	3,36	4,24	19,37	92	3,32	4,24	19,11	87	3,49	4,18	19,41	96	3,36	3,48	20,51
5	95	96	3,21	3,64	19,47	96	3,18	3,64	19,32	92	3,26	3,66	19,51	97	3,20	3,28	20,07
0	100	97	3,02	2,97	19,60	97	3,02	2,97	19,60	97	3,00	3,09	19,60	97	3,02	3,05	19,60

Как видно из рисунка 31, диапазон необходимых значений показателя сохранности формы изделий после варки сохраняется при внесении донора мягкой пшеницы 0 – 25 %. R-квадрат для данного расчета 0,59.

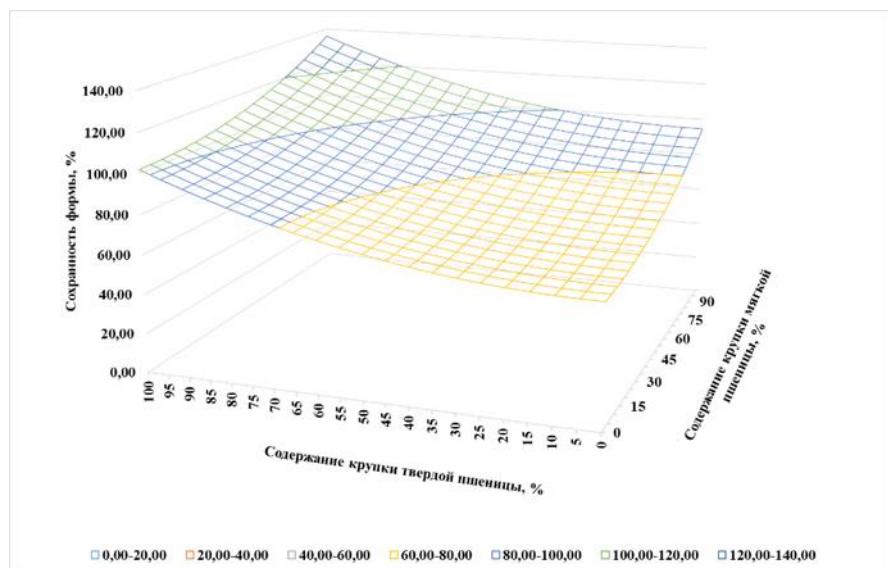


Рисунок 31 – Зависимость показателя сохранности формы от процентного соотношения крупки твердой и мягкой пшеницы в композитной смеси

Диапазон необходимых значений коэффициента увеличения сваренных изделий (рисунок 32) менее 2,5 раз соблюдается при внесении донора мягкой пшеницы 0 – 25 %. R-квадрат для данного расчета 0,89.

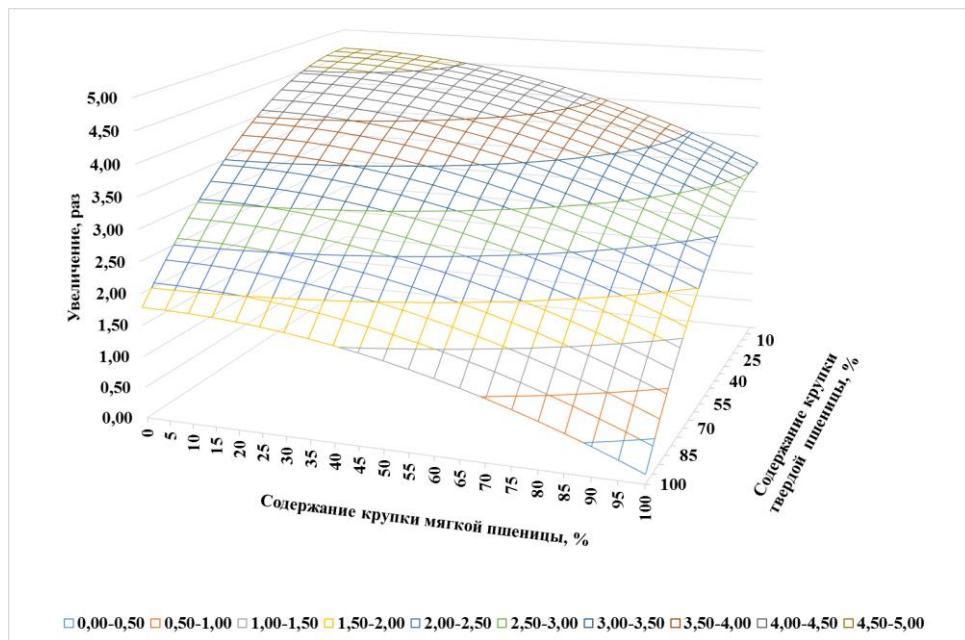


Рисунок 32 – Зависимость показателя увеличения сваренных изделий от процентного соотношения крупки твердой и мягкой пшеницы в композитной смеси

Согласно рисунку 33, диапазон необходимых значений количества сухого остатка, перешедшего в варочную воду, менее 6% соблюдается при внесении донора мягкой пшеницы 0 – 35 %. R-квадрат для данного расчета 0,96.

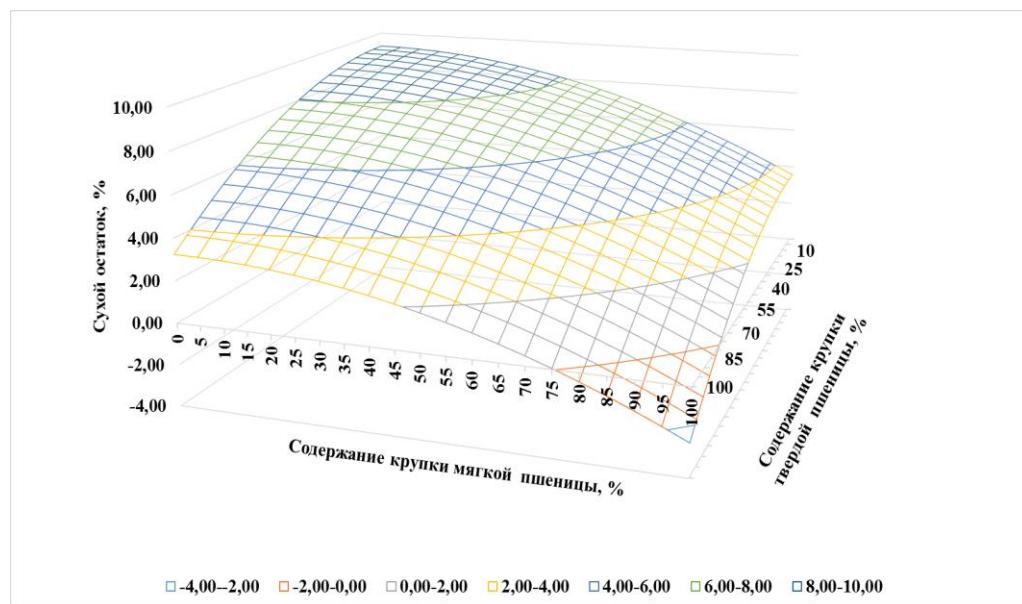


Рисунок 33 – Зависимость показателя количества сухого вещества, перешедшего в варочную воду, от процентного соотношения крупки твердой и мягкой пшеницы в композитной смеси

Согласно рисунку 34, средний диапазон необходимых значений индекса цвета крупки в пределах 20-22 b%, соблюдается при внесении донора мягкой пшеницы 0 – 15 %. R-квадрат для данного расчета 1.

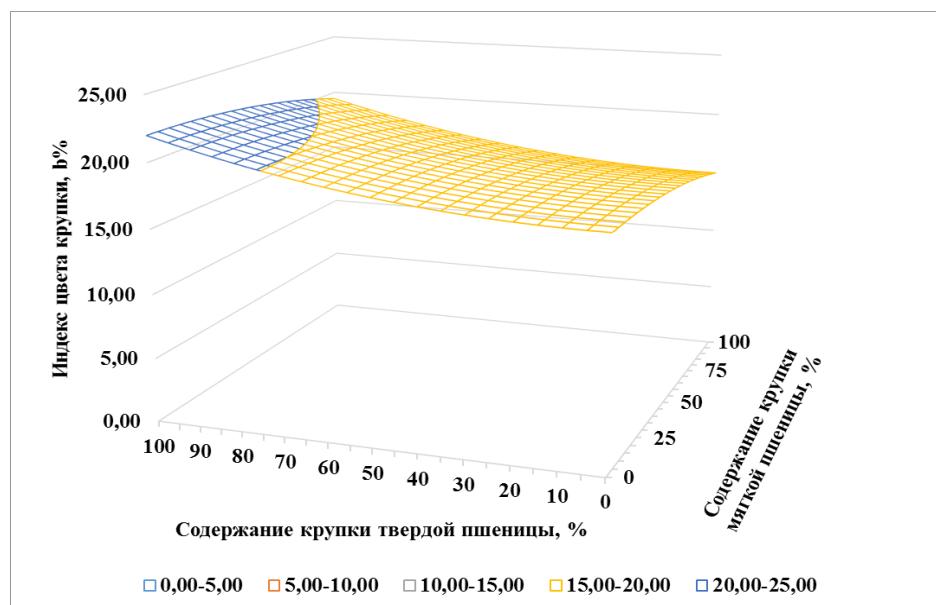


Рисунок 34 - Зависимость показателя индекса цвета крупки, от процентного соотношения крупки твердой и мягкой пшеницы в композитной смеси

Таким образом, по результатам сопоставления расчетных данных установлено:

- внесение донора мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Саратовская 70 сохраняет качество при дозировке внесения для твердой пшеницы: сортов Елизаветинская, Тамара – до 25%; сорта Памяти Васильчука – до 15%; сорта Саратовская золотистая – до 10%.

- внесение донора мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит сохраняет качество при дозировке внесения для твердой пшеницы: сортов Елизаветинская, Тамара – до 25%; сорта Памяти Васильчука – до 20%; сорта Саратовская золотистая – до 15%.

- для реципиента мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Саратовская 70, с целью повышения варочных свойств продукта до требуемых показателей производств, оптимальным является внесение твёрдой пшеницы сорта Гордеiforme 432 в дозировке 15%. Цветовые характеристики продукта повышаются недостаточно в связи с сильной белизной крупки данного образца.

- для реципиента мягкой высокостекловидной пшеницы Александрит, с целью повышения цветовых характеристик продукта до требуемых показателей производств, является оптимальным внесение твёрдой пшеницы сорта Елизаветинская в дозировке до 15 %. С целью повышения варочных свойств продукта до требуемых показателей производств, оптимальным является внесение твёрдой пшеницы сорта Гордеiforme 432 в дозировке 10%; сортов Саратовская золотистая, Памяти Васильчука, Тамара – 5%.

Заключение по главе 5

Установлено, что внесение доноров мягкой высокостекловидной пшеницы более 25% снижает варочные свойства макаронных изделий. Это приводит к развариванию изделий и увеличению количества сухого остатка, перешедшего в варочную воду.

Установлено, что донор яровой мягкой пшеницы сорта Саратовская 70 при внесении в дозировке более 25% от общего состава сухих компонентов смеси

снижает показатели цвета крупки из сортов с высокими цветовыми характеристиками ниже требуемых значений.

При сопоставлении результатов этого опыта по варочным, структурно-механическим свойствам и цветовым характеристикам полуфабриката из композитных смесей соответствует композитная смесь из крупки твердой пшеницы сорта Елизаветинская и сорта мягкой высокостекловидной пшеницы Александрит в соотношении 75/25.

По результатам сопоставления расчетных данных установлено, что внесение донора мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Саратовская 70 сохраняет качество при дозировке внесения для твердой пшеницы от 10 до 25% (Елизаветинская, Тамара – до 25%; Памяти Васильчука – до 15%; сорта Саратовская золотистая – до 10%). Внесение донора мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит сохраняет качество при дозировке внесения для твердой пшеницы от 15 до 25% (Елизаветинская, Тамара – до 25%; Памяти Васильчука – до 20%; Саратовская золотистая – до 15%).

На основе расчетной математической модели выявлено, что с целью повышения варочных свойств продукта до требуемых показателей производств, для реципиента мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Саратовская 70 оптимальным является внесение твёрдой пшеницы сорта Гордеiforme 432 в дозировке 15%. А для мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит оптимально внесение твёрдой пшеницы сорта Гордеiforme 432 в дозировке 10%; сортов Саратовская золотистая, Памяти Васильчука, Тамара – 5%.

Расчет с целью выявления повышения цветовых характеристик продукта до требуемых показателей производств показал, что оптимальным является внесение твёрдой пшеницы сорта Елизаветинская в дозировке от 15 % для реципиента мягкой высокостекловидной пшеницы Александрит. Цветовые характеристики продукта из реципиента сорта Саратовская 70 повышаются недостаточно, в связи с сильной белизной крупки данного образца.

6. ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ БИОРЕСУРСОВ САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Современный рынок продуктов питания развивается достаточно быстро. Недостаток сырья высокого качества для макаронной продукции сильно сказывается на ассортименте предприятий. Для компенсирования крупки производители нередко используют замену традиционных рецептурных компонентов на новые виды сырья в составе продукта. При этом изменяется внешний вид, вкусовые характеристики, и значительно различается стоимость в сравнении со стандартными макаронными продуктами.

Как доказано в главе 5, при сопоставлении результатов по варочным, структурно-механическим свойствам и цветовым характеристикам полуфабриката из композитных смесей выявлена композитная смесь из крупки твердой пшеницы сорта Елизаветинская и мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит в соотношении 75/25.

Вследствие этого, для расчета экономической эффективности в работе представлены расходы на производство 1 тонны макаронных изделий из предложенной композитной смеси из крупки твердой пшеницы с крупкой высокостекловидной мягкой пшеницы в соотношении 75:25, в сравнении с контрольными образцами из крупки твердой пшеницы (контрольный образец №1) и из крупки мягкой пшеницы (контрольный образец №2). Результаты расчётов представлены в таблице 33.

В плановую норму расхода сырья (H_c) входят технологические затраты сырья (Z_t), отходы (O) и потери (П) при производстве [101]:

$$H_c = Z_t + O + \Pi, \text{ кг/т}; \quad (13)$$

В связи с тем, что влажность получаемой продукции меньше влажности используемого сырья, выход готовой продукции снижается. Поэтому технологические затраты сырья для производства 1 тонны готовых изделий с влажностью 13% рассчитываются по формуле:

$$Z_t = \frac{100 - W_{изд.}}{100 - W_c} \times 1000, \text{ кг/т}; \quad (14)$$

где $W_{изд.}$ – плановая влажность изделий 13%;
 W_c – плановая влажность сырья 14,5%.

Таблица 33 - Калькуляция себестоимости 1 тонны макаронных изделий

Наименование	Затраты			
	Контрольный образец №1	Контрольный образец №2	Макаронные изделия из композитной смеси	
	Крупка в/с твердой пшеницы	Крупка в/с мягкой пшеницы	Крупка в/с твердой пшеницы	Крупка в/с мягкой пшеницы
Цена сырья				
Цена крупка, руб./т	63000,00	27780	63000,00	27780,00
Цена вода питьевая, руб./куб.	37,80	37,80		37,80
Расход сырья на 1 тонну продукции				
Расход крупки на производство, кг/т	1022,74	1022,74	767,06	255,68
Вода, куб./т	0,302	0,302		0,302
Затраты на производство 1 тонны продукции (сырье)				
Крупка, руб.	64432,62	28411,72	48324,47	7102,93
Вода, руб.	11,42	11,42		11,42
ИТОГО: Общие сырьевые расходы, руб.	64444,04	28423,13		55438,81
Затраты на производство 1 тонны продукции (коммунальные услуги)				
Отопление, руб.	7282,18	3211,81		6264,59
Электроэнергия, руб.	7282,18	3211,81		6264,59
ИТОГО: Коммунальные услуги, руб.	14564,35	6423,63		12529,17
Постоянные расходы на 1 тонну продукции				
Основная и дополнительная зарплата, руб.	12888,81	5684,63		11087,76
Отчисления в соцстрахование, руб.	3866,64	1705,39		3326,33
Транспортные расходы, руб.	6444,40	2842,31		5543,88
Расходы на содержание оборудования, руб.	3286,65	1449,58		2827,38
Общехозяйственные расходы, руб.	3286,65	1449,58		2827,38
ИТОГО: Постоянные расходы, руб.	108781,53	47978,25		93580,71
Тара и упаковка на 1 тонну продукции				
Тара и упаковка, руб.	1087,82	1087,82		1087,82
ИТОГО:				
ИТОГО: Производственная себестоимость, руб.	109869,35	49066,06		94668,53
Коммерческие расходы, руб.	824,02	368,00		710,01
ИТОГО: Полная себестоимость, руб.	110693,37	49434,06		95378,54

Таким образом, затраты на производство сырья составляют 1017, 54 кг/т [101]. Количество отходов и потерь при производстве зависят от типа и уровня технологического оборудования и ведения технологического процесса, поэтому в нашем расчете данные потери берутся в допустимом диапазоне $O = 3,7$ и $\Pi = 1,5$.

При производстве длинных нитеобразных макаронных изделий с подвесной сушкой для придания сырьем изделиям большей пластичности применяют средний или мягкий замес, причем при использовании полукрупки влажность должна быть выше. Поэтому для данного расчета взят мягкий замес теста с влажностью 34%. Для расчета расхода воды применяется формула:

$$B = M \times (W_t - W_m) / (100 - W_t), \text{ л}; \quad (15)$$

где W_t и W_m – влажность теста и муки;
 M – дозировка муки.

По расчету, при влажности теста 34% и стандартной влажности муки 14,5 %, расход воды составил 302,2 л или 0,302 куб.

Для расчета производственной себестоимости в калькуляцию продукта включают расходы на коммунальные услуги, транспортировку сырья, заработную плату работников, содержание оборудования, общехозяйственные расходы и тару. На коммунальные услуги, включающие в себя отопление и электроэнергию, отводится 22,6 % от стоимости сырья на 1 тонну. Заработная плата рабочих занимает 20% от затрат на сырьевые расходы. К тому же от суммы заработной платы работника работодатель отчисляет 30% страховых взносов на обязательное пенсионное, медицинское и социальное страхование. Транспортные расходы составляют 10%, расходы на содержание оборудования и общехозяйственные нужды составляют по 5,1% от стоимости сырья на 1 тонну продукции.

Для расчета полной себестоимости в калькуляционный расчет добавляется статья расходов на коммерческие нужды в размере 7,5% от производственной стоимости продукта: рекламное продвижение товара, затраты на складские помещения для хранения продукта.

Расчет отпускной цены продукта осуществляли по способу «Средние издержки плюс прибыль». Результаты сведены в таблицу 34. Норматив

рентабельности считается 15% дохода, по которому зачитывается прибыль. Оптовая цена складывается из суммы полной себестоимости и прибыли. Макаронные изделия относятся к продовольственным товарам первой необходимости, поэтому НДС составляет 10%.

Полученная расчетная отпускная цена разработанных изделий с НДС за 0,5 кг продукции ниже на 13,8 % подобному показателю контрольного образца №1, при производстве которого использовалась крупка твердой пшеницы высшего сорта. Цена изделий из композитной смеси с НДС за 0,5 кг продукции больше на 48 % подобного показателя контрольного образца №2 из крупки мягкой пшеницы высшего сорта.

Таблица 34 - Расчет цены продукции по способу «Средние издержки плюс прибыль» за 1 тонну и фасовку изделий по 0,5 кг.

Статьи затрат	Контрольный образец №1	Контрольный образец №2	Макаронные изделия из композитной смеси
Полная себестоимость, руб.	110693,37	49434,06	95378,54
Норматив рентабельности, %	15	15	15
Прибыль, руб.	16604,01	7415,11	14306,78
Оптовая цена, руб.	127297,37	56849,17	109685,32
Налог ДС, руб.	12729,74	5684,92	10968,53
Отпускная цена, руб.	140027,11	62534,08	120653,85
Итого:	128457,90	62534,08	110717,15
Отпускная цена 1 кг изделия, руб.	128,46	57,55	110,72
Отпускная цена изделия фасовка 0,5 кг, руб.	64,23	28,78	55,36

Внесение изменений в рецептуру при использовании нового компонента мягкой пшеницы повлечет за собой повышение стоимости изделий относительно контрольного образца № 2. Качественные показатели оценивались относительно образца №1, выработанного из крупки твердой пшеницы. В связи этим было принято решение, что некорректно сравнение стоимости разработанных изделий с образцом №2.

Для сравнительной оценки выработанных образцов были рассчитаны показатели экономического эффекта и прибыли на предприятии Саратовской области ООО «СМФ».

Расчет экономического эффекта на 1 тонну выработанной продукции производится как разность себестоимости продукции при применении рецептуры контрольного образца №1 и предложенного состава:

$$\mathcal{E} = 128457,90 - 110717,15 = 17\ 740,75 \text{ руб./т.}$$

Для определения экономического эффекта за год при использовании новой рецептуры на предприятии ООО «СМФ» с выработкой 900 кг/ч (18 тонн в сутки) и количеством рабочих дней в 2025 году (247), рассчитана прибыль:

$$\Pi = 17\ 740,75 * (18 * 247) = 78\ 875 \text{ тыс. руб./год}$$

Конкурентоспособность товара – это сложный показатель, отражающий его способность успешно противостоять аналогам на рынке. Данная характеристика обуславливается комплексом качественных и количественных показателей важных для потребителя, которые непосредственно связаны с потребностями и затратами покупателя, которые он готов понести. Для одного покупателя решающим фактором может быть цена – он ищет наиболее дешевый вариант, даже если качество немного ниже. Другой покупатель готов переплатить за премиум-качество и известный бренд, полагая, что это гарантия качества и надежности. Третий, ориентируясь на экологичность, выберет товар с соответствующими сертификатами, несмотря на потенциально более высокую стоимость. Таким образом, оценка конкурентоспособности не может быть абсолютной и зависит от целевой аудитории.

Основные факторы, влияющие на конкурентоспособность, традиционно считаются качество и новизна. Качество охватывает широкий спектр характеристик: внешний вид и цвет изделий, вкусовые характеристики готового продукта.

В настоящее время выделяют следующие ценовые сегменты производимых макаронных изделий в России: эконом-класс, средний, средний плюс и премиальный. С каждым годом увеличивается потребление макаронных изделий среднего ценового сегмента. Цены производителей по коду ОКПД2 «Изделия макаронные и аналогичные мучные изделия» из муки высшего сорта за 2023-2024

года в России, по данным Росстата, находились на отметках от 79 992 до 108 900 руб./т без НДС [137].

Для сравнительной характеристики цен на длинные нитевидные макаронные изделия типа «спагетти», составлена таблица с известными макаронными изделиями по ценовым сегментам (таблица 35).

Таблица 35 – Цены макаронных изделий на российских торговых платформах на 2025 г.

Наименование	Цена, руб.	
	1 кг	0,5 кг
Макаронные изделия из композитной смеси	110,00	55,00
Премиальный		
Макаронные изделия 3 Glocken Di Mag Ich Maccaroni Спагетти, в интернет-магазине «OZON»	1074,00	537,00
Макаронные изделия La Molisana No 15C Спагетти, в интернет-магазине «OZON»	684,00	342,00
Glocken Spaghetti. В интернет-магазине «Впрок Перекрёсток»	583,00	291,50
Maltagliati. Макаронные изделия Спагетти классические №004, в интернет-магазине «OZON»	475,50	237,75
De Cecco №12 Spaghetti. В интернет-магазине «Купер»	449,00	224,50
Средний Плюс		
Макароны Grand di Pasta Spaghetti, в интернет-магазине «Яндекс Маркет»	285,00	142,00
Barilla Spaghetti n.5. В интернет-магазине Wildberries	245,00	122,50
Макаронные изделия Макфа «Капеллини» Спагетти, в интернет-магазине «Яндекс Маркет»	254,00	127,50
Макаронные изделия AIDA Spaghetti/Спагетти, в интернет-магазине «Яндекс Маркет»	240,00	120,00
Средний		
Макароны Шебекинские "Спагеттини" №001, в интернет-магазине «Пятерочка»	200,00	99,80
Ameria Макаронные изделия спагетти №3, в интернет-магазине «Яндекс Маркет»	186,00	93,00
Макароны Pasteroni Спагетти №114, в интернет-магазине «OZON»	162,00	81,10
Эконом		
Макароны Спагетти "365 дней", магазин Лента	130,00	65,00
Макароны Агро-Альянс Spaghetti Спагетти, в интернет-магазине «OZON»	110,00	55,00
Макаронные изделия «Спагетти» Бренд «ВкусВилл», в интернет-магазине «ВкусВилл»	110,00	55,00

Из данных таблицы 35 видно, что средняя цена «Премиального» ценового сегмента 326 руб. 55 коп. за единицу продукции фасовкой 0,5 кг на 83% превышает цены предложенных макаронных изделий из исследуемого состава. Высокую цену имеют макаронные изделия в ценовых сегментах «Средний Плюс» и «Средний» в

сравнении с расчетной ценой предложенных изделий на 57% и 39,4% соответственно. Минимальное увеличение цены в сравнении с ценой полученной продукции имеет сегмент Эконом – 5 %.

Таким образом, приведенные расчеты показали снижение себестоимости производства макаронных изделий из композитной смеси крупки твердой пшеницы и крупки мягкой пшеницы в соотношении 75/25 на 17 740,75 руб. на 1 тонну продукции по сравнению с традиционными макаронными изделиями из крупки твердой пшеницы. Полученная расчетная экономическая эффективность показала целесообразность производства макаронных изделий из предложенной композитной смеси. Ценовой показатель, рассчитанный для данного предложенного состава макаронных изделий, конкурентоспособен, что делает возможным разместить продукт в любом ценовом сегменте, увеличив объем производимых качественных продуктов для любого социального слоя населения.

ВЫВОДЫ

Экспериментально обоснован высокий технологический потенциал сортов яровой пшеницы Саратовской селекции для производства макаронных изделий. При изучении смесительной способности сортов яровой пшеницы выделена новая композитная смесь для изготовления макаронных изделий с сохранением качественных характеристик продукта при замене части сухого состава смеси на крупку мягкой высокостекловидной пшеницы Саратовской селекции для рационального использования сырьевой базы региона.

1. Установлено, что исследуемые сорта соответствовали государственным стандартам по приемке зерна на переработку для крупки, предназначенной на макаронные изделия. Дополнительным требованиям современных производителей макаронной продукции соответствует яровая твердая пшеница сортов Памяти Васильчука, Елизаветинская и Тамара, что говорит о существенных различиях стандартов.

2. Определено, что лучшими мукомольными свойствами обладают сорта пшеницы, имеющие 1 класс качества зерна, стекловидность более 84 %, массу 1000 зерен более 45 г, выход макаронной крупки выше 61 %, при ее зольности не более 0,90%. К ним относится яровая твердая пшеница сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Елизаветинская и Тамара. Исследование полученной крупки показало, что сырье соответствует заявленным показателям НД для производства макаронных изделий. По дополнительному параметру цветовой характеристики сырья для производственных предприятий соответствуют необходимым показателям крупка яровой твердой пшеницы сортов Тамара, Памяти Васильчука, Саратовская золотистая и Елизаветинская.

3. Установлено, что значимое влияние на варочные свойства макаронных изделий имел показатель стекловидности зерна со временем варки длинных нитевидных макаронных изделий до готовности (до $r=0,71$) и увеличением массы длинных нитевидных макаронных изделий после варки (до $r= - 0,74$). Установлено, что по физико-химическим показателям государственного стандарта относятся к макаронным изделиям группы А (Высший сорт) изделия из яровой твердой пшеницы

сортов Луч 25, Памяти Васильчука, Тамара, Елизаветинская; Группа А (Первый сорт) изделия из сортов Гордеiforme 432, Саратовская золотистая и Краснокутка 13. Макаронные изделия из яровой мягкой пшеницы не отнесены к группам качества. Исследование структурно-механических свойств выработанных образцов длинных нитевидных макаронных изделий показало, что оптимальными значениями предела прочности обладали образцы изделий из крупки яровой твердой пшеницы сортов Памяти Васильчука, Елизаветинская, Тамара и Луч 25. Показатель предела прочности излома сухих длинных нитевидных макаронных изделий имел значимые положительные корреляционные зависимости с параметрами стекловидности зерна (0,77), с коэффициентом развариваемости макаронных изделий (-0,77), с массой 1000 зерен (0,65). Экспериментально подтверждена целесообразность выбора крупки с высокими цветовыми характеристиками для производства макаронных изделий. Установлена стабильность данных каротиноидных пигментов при технологическом процессе производства длинных нитевидных макаронных изделий из яровой твердой пшеницы сортов Елизаветинская, Памяти Васильчука, Луч 25, Тамара и Саратовская золотистая.

4. Установлено, что сорта с индексом твердозерности не менее 0,32 Н·м/% и выходом муки не более 10% обладают оптимальными свойствами для длинных нитевидных макаронных изделий. Определены показатели, отражающие высокую корреляционную взаимосвязь между исходным показателем твердозерности пшеницы и массой 1000 зерен ($r^* = 0,71$), стекловидностью зерна ($r^* = 0,81$), выходом крупки ($r^* = 0,83$), выходом муки ($r^* = -0,87$), временем варки до готовности ($r^* = 0,72$) и прочности полуфабриката на излом ($r^* = 0,78$). Данный показатель является значимым критерием отбора сырья для переработки на макаронные цели.

5. Исследование влияния внесения крупки мягкой пшеницы на варочные свойства длинных нитевидных макаронных изделий из твердой пшеницы выявило максимальную дозировку внесения мягкой высокостекловидной пшеницы не более 25%. Исследование влияния дозировки внесения крупки мягкой высокостекловидной пшеницы на структурно-механические свойства и цветовые характеристики длинных нитевидных макаронных изделий из композитных смесей с внесением донора в

количестве 25 % определило, что оптимальными показателями обладала композитная смесь из крупки реципиента твердой пшеницы сорта Елизаветинская и донора мягкой пшеницы сорта Александрит.

6. По результатам построения математической модели продукта установлено, что внесение донора мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Саратовская 70 сохраняет качество изделий при дозировке внесения для твердой пшеницы от 10 до 25%; внесение донора мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит сохраняет качество изделий при дозировке внесения для твердой пшеницы от 15 до 25%. Рассчитано, что с целью повышения качественных характеристик продукта до требуемых показателей производств, для реципиентов мягких высокостекловидных пшениц: сорта Саратовская 70 оптимальным является внесение 15% твёрдой пшениц, для сорта Александрит –5-10 % твердой пшеницы. Расчет с целью выявления повышения цветовых характеристик продукта из мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит до требуемых показателей производств, показал, что оптимальным является внесение от 15 % твёрдой пшеницы сорта Елизаветинская.

7. Расчет экономической эффективности показал целесообразность производства макаронных изделий из представленной композитной смеси. Расчетная прибыль при использовании данной рецептуры на предприятии Саратовской области ООО «СМФ» на 17, 740 тыс. руб. на 1 тонну продукции. Разработаны СТО и ТИ на данные макаронные изделия. Получен патент «Смесь для изготовления макаронных изделий» с использованием крупки мягкой высокостекловидной пшеницы сорта Александрит. Промышленная апробация подтвердила положительные результаты исследования, что позволяет рекомендовать данный состав для внедрения в макаронных цехах пищевых предприятий Саратовской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аптрахимов, Д. Р. Региональное изучение потребительских предпочтений макаронных изделий (на примере г. Челябинска) /Д. Р. Аптрахимов, М.Б. Ребезов // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 5. – С. 996– 1002
2. Аптрахимов, Д. Р. Сравнительная характеристика растительных компонентов разработанных макаронных изделий / Д. Р. Аптрахимов, Ф. Х. Смольникова, М. Б. Ребезов // Молодой ученый. – 2016. – Т. 125, № 21. – С. 111– 114.
3. Аптрахимов, Д. Р. Обзор рынка макаронных изделий / Д. Р. Аптрахимов// Качество продукции, технологий и образования: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 30 апреля 2019 года. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2019. – С. 254-257. – EDN CPKTDH.
4. Аптрахимов, Д. Р. Разработка и оценка потребительских свойств макаронных изделий повышенной пищевой ценности: 05.18.15 - Технология и товароведение пищевых продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Д. Р. Аптрахимов. - 2019. - 20 с: ил. - Библиогр.: с. 18-20 (17 назв.). - 100 экз.
5. Беньковский, Б. Производство макарон в России / Б. Беньковский // Хлебопродукты. - №7. – 2005. – С.18-19.
6. Беркутова, Н. С. Технологические свойства пшеницы и качество продуктов ее переработки. / Н.С. Беркутова, И.А. Швецова // Москва:Колос, 1984. — 223 с. – EDN VIRVRF.
7. Беспалова, Л. А. Применение молекулярных маркеров в селекции пшеницы в Краснодарском НИИСХ им. П.П. Лукьяненко / Л. А. Беспалова, А. В. Васильев, И. Б. Аброва [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 37-43. – EDN PASMMR.
8. Бочкарева, И. А. Разработка методов определения макаронных свойств зерна и способов регулирования технологических параметров производства макаронных изделий с заданными потребительскими свойствами: автореферат дис. ...

кандидата технических наук: 05.18.01 / Бочкарёва Ирина Анатольевна; [Место защиты: Орлов. гос. ун-т]. - Орел, 2018. - 18 с.

9. Ваншин, В. В. Технология мучных кондитерских изделий: методические указания / В.В. Ваншин, Р.М. Вострикова. // Оренбург: ОГУ, 2012. – 37 с.

10. Васильчук, Н. С. Селекция яровой твердой пшеницы / Н. С. Васильчук// Саратов: "Новая газета". – 2001. – 123 с. – ISBN 5940360041.2.

11. Васильчук, Н. С. Селекция твердой яровой пшеницы на высокое содержание каротиноидов в зерне / Н.С. Васильчук, С.Н. Гапонов, Л.В. Еременко, Т.М. Паршикова, Г.И. Шутарева, В.А. Куликова// Сборник научных трудов ГНУ НИИСХ Юго-Востока Воссельхозакадемии. – Саратов: ООО "Ракурс", 2009. – С. 89-100. – EDN STTRZZ

12. Васильчук, Н. С. Итоги селекции яровой твердой пшеницы на высокое качество зерна в Саратове / Н. С. Васильчук, С. Н. Гапонов, Л. В. Еременко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 5. – С. 22-23

13. Вьюшков, А. А. Селекция яровой мягкой и твердой пшеницы в Среднем Поволжье / диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук в форме науч. докл.: 06.01.05. - Безенчук, 1998. - 66 с.

14. Гапонов, С. Н. Селекция растений на продуктивность и качество засушливого Поволжья. / С.Н. Гапонов, Г.И. Шутарева, В.М. Попова, Н.М. Цетва, Т.М. Паршикова. // Аграр. вестн. Юго-Востока. – 2017. - №1(16). – С.16-17

15. Гапонов, С. Н. 25 лет сорту Саратовская золотистая. / С.Н. Гапонов, В.М Попова., Г.И. Шутарева, Н.М. Цетва, Т.М. Паршикова, С.А. Щукин// Зерновое хозяйство России. - 2018. -№5. – С.57-60. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-57-60>

16. Гапонов, С. Н. Новый сорт яровой твердой пшеницы памяти Васильчука / С. Н. Гапонов, Г. И. Шутарева, Н. М. Цетва [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2020. – № 2(25). – С. 4-5. – EDN WQPTJV.

17. Гапонов, С. Н. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов. / С.Н. Гапонов, Г.И. Шутарева, Н.М. Цетва, И.С. Цетва, И.В. Милованов, Н.А. Бурмистров, Е.С. Жиганова, В.А. Куликова // Зерновое

хозяйство России. – 2022. - №3. – С.51-56. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56>

18. Германцев, Л. А. Селекция яровой твердой пшеницы в острозасушливом Заволжье: автореферат дис. канд. с-х. наук: 06.01.05 / Л.А. Германцев. – Л., 1986. -18 с.
19. Германцев, Л. А. Влияние температуры воздуха на продуктивность яровой пшеницы в зоне каштановых почв Поволжья / Л.А. Германцев, В.А. Кумаков // Вестник РАСХН. – 2001. – №2. – С. 33-35.
20. Германцев, Л. А. Селекция яровой твердой пшеницы на Краснокутской станции 1909–2018 гг./ Л.А. Германцев, Т.Ф Ильина // Аграр. вестн. Юго-Востока. – 2019. №1. – С.4-9.
21. Голик, В. С. Селекция *Triticum durum* Desf. / В. С. Голик, О. В. Голик/ Харьков: Магда ЛТД. - 2008. - 519 с
22. ГОСТ 10987-76 Зерно. Методы определения стекловидности. – Введ. 1977-06-01. – М.: Издательство стандартов, 1976; Стандартинформ, 2009. – 4 с.
23. ГОСТ 27493-87 Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке. – Введ. 1989-01-01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
24. ГОСТ 27676-88 Зерновые культуры. Метод определения числа падения. – Введ. 1998-07-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.
25. ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77) Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – Введ. 1991-07-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 4 с.
26. ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – Введ. 1993-06-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
27. ГОСТ Р 7.0.11-2011 Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. - Введ. 2012-09-01. – М: Стандартинформ, 2018. – с. 11.

28. ГОСТ 31463-2012 Межгосударственный стандарт «Мука из твердой пшеницы для макаронных изделий. Технические условия» - М.: Изд-во Стандартиформ, 2019 – 6 с.
29. ГОСТ 31964-2012 Межгосударственный стандарт «Изделия макаронные. Правила приемки и методы определения качества» - М.: Изд-во Стандартиформ, 2014 – 15 с.
30. ГОСТ 31491-2012 «Мука из мягкой пшеницы для макаронных изделий. Технические условия.» - М.: Изд-во Стандартиформ, 2019 – 6 с.
31. ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
32. ГОСТ ISO 3093 – 2016 Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга — Пертена. – Введ. 2017-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
33. ГОСТ 9353 – 2016 Межгосударственный стандарт «Пшеница. Технические условия» - М.: Изд-во Стандартиформ, 2019 – 11 с.
34. ГОСТ 26574-2017 Межгосударственный стандарт «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия» - М.: Изд-во Стандартиформ, 2018 – 12 с.
35. ГОСТ 31743-2017 «Изделия макаронные. Общие технические условия» М.: Стандартинформ, 2019 – 10 с.
36. ГОСТ 10840-2017 «Зерно. Метод определения натуры» - М.: Изд-во Стандартиформ, 2019 – 14 с.
37. Гребенников, С. Д. Яровая пшеница в Сибири / С. Д. Гребенников // Новосибирск: Новосибгиз, 1949. — 374 с
38. Гущин, Н. В. Сильные и твердые пшеницы/ Н.В. Гущин. – М., 1961. - 41с.
39. Делекешев, А. Н. Аминокислотный состав белка светлозерного сорта ржи Саратовской селекции / А.Н. Делекешев, М.К. Садыгова / Проблемы производства и переработки органической (экологически чистой) продукции животноводства, птицеводства, пчеловодства и растениеводства / Сборник статей международной научно-практической конференции. – Уральск: ЗКО АО «НЦГНТЭ», 2017. – С. 132–136.

40. Делекешев, А. Н. Новые сорта светлозерной ржи Саратовской селекции в технологии макаронных изделий / А.Н. Делекешев, М.К. Садыгова/ Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России: Сборник статей международной конференции. – Саратов: «Амирит», 2017. – С. 61–64.
41. Делекешев, А. Н. Перспективы использования новых сортов светлозерной ржи Саратовской селекции в технологии макаронных изделий / А.Н. Делекешев, М.К. Садыгова, Т.Я. Ермолаева / «Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России» сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, 23–24.03.2017, том II – ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ. – 2017. – С. 2–5.
42. Делекешев, А. Н. Светлозерная рожь сорта Памяти Бамбышева – перспективное сырье Саратовской селекции / А.Н. Делекешев, М.К. Садыгова // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2017. – № 3. – С. 57–63.
43. Дорофеев, В. Ф. Пшеницы мира [Текст]: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал / [В. Ф. Дорофеев и др.]; под ред. акад. ВАСХНИЛ В. Ф. Дорофеева: сост. д-р с.-х. наук, проф. Р. А. Удачин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Ленинград: ВО "Агропромиздат". Ленинградское отд-ние, 1987. - 559, [1] с.: ил.; 22 см
44. Дуктова, Н. А. Физико-химические свойства зерна отечественных сортов яровой твердой пшеницы / Н. А. Дуктова, Е. М. Минина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 123-128. – EDN DHTHUT.
45. Евдокимов, М. Г. Селекция яровой твердой пшеницы в условиях юга Западной Сибири: специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений": диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Евдокимов Михаил Григорьевич. – Омск, 2006. – 483 с. – EDN MFLHKL.
46. Евдокимов, М. Г. Основные тенденции урожайности и качества зерна твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири/ М.Г. Евдокимов,

В.С. Юсов, И.В. Пахотина / Вестник КрасГАУ. – 2021. - №169(4). – С.33-41. DOI 10.36718/1819-4036-2021-4-33-41.

47. Жиганова, Е. С. Сравнительный анализ содержания каротиноидов в зерне твердой пшеницы Саратовской селекции / Е. С. Жиганова, М. К. Садыгова, Н. С. Соловова // Состояние и пути развития производства и переработки продукции животноводства, охотничьего и рыбного хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию технологического факультета Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, 24–26 июня 2022 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2022. – С. 22-28. – EDN LCIMTJ

48. Жиганова, Е.С. Технологический потенциал зерна твердой пшеницы Саратовской селекции для переработки на макаронные цели / Е. С. Жиганова, М. К. Садыгова, Н. С. Соловова, Д.В. Иванова, Е.С. Ивченко // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 18–20 апреля 2023 года / Ответственные за выпуск: А.В. Коломейцев, В.Г. Крымкова. Том 1. Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. – 2023. – С. 282-286. – EDN RQEZIL

49. Жиганова, Е. С. Зависимость цветовых характеристик крупки и макаронных изделий от вида пшеницы / М. К. Садыгова, Г. А. Бекетова, С. Н. Сибикеев, Н. С. Соловова, Н. А Семилет // Хлебопечение России. – 2023. – №67(4). – с.24–35.

50. Жиганова, Е. С. Исследование оптимального соотношения мягкой и твёрдой пшеницы в рецептуре макаронных изделий / Е. С. Жиганова, С. Н. Гапонов, М. К. Садыгова [и др.] // Хлебопродукты. – 2024. – № 4. – С. 42-48. – DOI 10.32462/0235-2508-2024-33-4-42-48. – EDN SSMOAB.

51. Жиганова, Е. С. Комплексная оценка технологических свойств новых сортов пшеницы саратовской селекции для производства макаронных изделий / Е.С. Жиганова, М.К. Садыгова, В.Я. Черных, Н.М. Цетва, Н.С. Соловова, И.А. Осыка //

<https://doi.org/10.36107/spfp.2024.3.587>

52. Ивченко, Е. С. Технологический потенциал сортов твердой пшеницы Саратовской селекции для макаронного производства / Е. С. Ивченко, Е. С. Жиганова, М. К. Садыгова // Актуальные вопросы современной науки: Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 02 июня 2023 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 118-125. – EDN BMGODJ.

53. Казеннова, Н. К. Влияние изменений глиадиновой и глютениновой фракций белка на качество макаронных изделий [Текст]/ Н.К. Казеннова// Пищевая промышленность, 2009. - №8. – С .40-42

54. Казеннова, Н. К. Изучение белкового комплекса муки из зерна твердой пшеницы и его влияние на качество макаронных изделий [Текст]/ Н.К. Казеннова, Д.В. Шнейдер, М.А. Розова, В.М. Мельник// Хранение и переработка сельхоз сырья, 2009. - №7. – С .30-33

55. Казеннова, Н. К. Методологические и технологические аспекты регулирования качества макаронных изделий: специальность 05.18.01 "Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупыных продуктов, плодовоощной продукции и виноградарства": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Казеннова Надежда Константиновна. – Москва, 2009. – 52 с. – EDN NLGFSL.

56. Кекк, В. В. Оценка качества макаронных изделий / В. В. Кекк, Л. С. Прохасько, Д. Р. Аптрахимов, В. И. Боган. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 5 (85). — С. 155-158. — URL: <https://moluch.ru/archive/85/16013>

57. Кирьякова, М. Н. Стекловидность зерна и оценка адаптивной способности перспективных линий яровой твердой пшеницы в условиях Омской области / М. Н. Кирьякова, В. С. Юсов, М. Г. Евдокимов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2(67). – С. 44-50. – DOI 10.31677/2072-6724-2023-67-2-44-50. – EDN STFJLL.

58. Конарев, В. Г. Белки пшеницы: науч. тр / В. Г. Конарев; ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. – Москва: Колос, 1980. – 351 с.
59. Коновалов, Ю. Б. Частная селекция полевых культур; Под ред Ю. Б. Коновалова/ Ю. Б. Коновалов, Л. И. Домодворова и др// М.: Агропромиздат, 1990. - 543с.
60. Коргина, Т. В. Расширение ассортимента макаронных изделий за счет использования растительного сырья / Т. В. Коргина, Г. А. Осипова, Д. С. Сечина // Хлебопродукты. – 2014. – № 2. – С. 39–41.
61. Коршунова, А. Ф. Новый источник ферментов / А. Ф. Коршунова, О. А. Симакова, В. А. Гинцевич // Зерно и хлеб. – 1998. – № 1. – С. 23–25.
62. Корячкина, С. Я. Способ повышения биологической ценности макаронных изделий из хлебопекарной муки / С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова // Хлебопечение России. – 2002. – № 6. – С. 15–17.
63. Корячкина, С. Я. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий: монография/ С.Я. Корячкина – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – 265 с.
64. Кравченко, Н. С. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам / Н. С. Кравченко, Н. Е. Самофалова, И. М. Олдырева, Т. С. Макарова // Зерновое хозяйство России. – 2020. – № 3(69). – С. 26-31. – DOI 10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31. – EDN XLVRLW. 1Abdoulaye Bá. Metabolic and structural role of thiamine in nervous tissues / Bá Abdoulaye // Cell Mol Neurobiol. - 2008. - №28. - P.923-931. DOI: 10.1007/s10571-008-9297-7
65. Крючков, А. Г. Качество зерна твердой пшеницы и ее макаронные достоинства / А. Г. Крючков, А. Н. Попов / Известия ОГАУ. - 2005. - №5-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-zerna-tverdoy-pshenitsy-i-ee-makaronnye-dostoinstva> (дата обращения: 14.01.2023).
66. Кузьмин, В. П. Вопросы селекции сельскохозяйственных культур // Избр. науч. тр. акад. В.П. Кузьмина - Алма-Ата: Кайнар, 1978. - 432 с.
67. Леднева, О. В. Статистический анализ состояния и перспектив развития российского рынка макаронных изделий / О. В. Леднева, А. П. Цыпин, Г. И.

Гаджимирзоев // АПК: экономика, управление. – 2023. – № 4. – С. 41-49. – DOI 10.33305/234-41. – EDN VICWAR.

68. Леонова, И. Н. Молекулярные маркеры: Использование в селекции зерновых культур для идентификации, интродукции и пирамидирования генов / И. Н. Леонова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 2. – С. 314-325. – EDN RUHMKD.

69. Леонова, С. А. Побочный продукт крупяного производства как источник микронутриентов для обогащения продуктов питания / Т. А. Никифорова, Е. В. Волошин, С. В. Антимонов, С. А. Леонова // Хлебопродукты. – 2024. – № 7. – С. 56-58. – DOI 10.32462/0235-2508-2024-33-7-56-58. – EDN UGCQDE.

70. Любецкая, Т. Р. Повышение потребительских свойств макаронных изделий быстрого приготовления для предприятий общественного питания: специальность 05.18.15 "Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Любецкая Танзилия Рафаиловна. – Москва, 2014. – 204 с. – EDN SVBSPL.

71. Лязина, И. А. Сравнительная оценка качества зерна и макарон из мягких и твердых сортов пшеницы / И. А. Лязина, А. Д. Имырь, Г. Ф. Пшенишнюк // Хлебопекарная и макаронная промышленность. – 1987. – № 5. – С. 17–19.

72. Ляпунова, О. А. Селекция твердой пшеницы в Италии / О. А. Ляпунова // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 19-34. – DOI 10.18699/Letters2019-5-3. – ЭДН БХКИЛК.

73. Мальченко, Т. В. Макаронные изделия функционального назначения в комплексной реабилитации / Т. В. Мальченко, Г. А. Осипова // Перспективы отраслевого взаимодействия в комплексной реабилитации: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Орёл, 19–20 октября 2023 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2024. – С. 249-253. – EDN NAQOOZ.

74. Мальчиков, П. Н. Наследование каротиноидных пигментов в зерне твердой пшеницы / П. Н. Мальчиков // Проблемы увеличения производства и

повышения качества зерна в Российской Федерации, Саратов, 02–03 июля 1997 года.

– Саратов: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока", 1997. – С. 41-42. – EDN YTGWGH.

75. Мальчиков, П. Н. Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: специальность 06.01.00 "Агрономия": диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / П. Н. Мальчиков. – Кинель, 2009. – 402 с.

76. Мальчиков, П. Н. Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: автореф. дисс. д.с.-х.н./ П.Н. Мальчиков. – Кинель: Самарский НИИСХ, 2009. – 57 с.

77. Мальчиков, П.Н. Формирование ассоциаций генов, контролирующих общий гомеостаз и элементы продуктивности твердой пшеницы (*Triticum durum Desf.*) / П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. - №19(3). – С.323-332. DOI 10.18699/VJ15.042.

78. Мальчиков, П. Н. Адекватность оценки качества клейковины твёрдой пшеницы в соответствии с параметрами, регламентированными гостом/ П. Н. Мальчиков, Е. Н. Шаболкина, М. Г. Мясникова, В. С. Сидоренко // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2019. - №2 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adekvatnost-otsenki-kachestva-kleykoviny-tvyordoy-pshenitsy-v-sootvetstvii-s-parametrami-reglamentirovannymi-gostom> (дата обращения: 02.01.2025).

79. Мальчиков, П. Н. Содержание желтых пигментов в зерне твердой пшеницы (*Triticum durum Desf.*): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция/ П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова// Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. - №24(5). – С.501-511. DOI 10.18699/VJ20.642.

80. Мальчиков, П. Н. Стекловидность зерна твёрдой пшеницы в связи с селекцией в Среднем Поволжье / П. Н. Мальчиков, М. Г. Мясникова, Т. В. Чахеева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 4(64). – С. 30-36. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-30-36. – EDN BMAAYD.

81. Мальчиков, П. Н. Развитие селекции яровой твердой пшеницы в России (странах бывшего СССР), результаты и перспективы / П. Н. Мальчиков, М. Г. Мясникова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2023. – Т. 27, № 6. – С. 591–608. – DOI 10.18699/VJGB-23-71. – EDN BLYSRY.
82. Малютина, Т. Н. Исследование влияния нетрадиционного вида муки на качество макаронных изделий из мягкой пшеницы / Т. Н. Малютина, В. Ю. Туренко // Вестник ВГУИТ. - 2016. - №4 (70). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-netraditsionnogo-vida-muki-na-kachestvo-makaronnyh-izdeliy-iz-myagkoy-pshenitsy>
83. Малютина, Т. Н. Макаронные изделия с обогатительными добавками и лецитином / Т. Н. Малютина, А. А. Зеленина // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических взглядов: Сборник статей IX Международной научно-технической конференции, Воронеж, 01–02 июля 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 251-254. – EDN NGDFCB.
84. Мартиросян, В. В. Макаронные изделия повышенной биологической ценности / В. В. Мартиросян [и др.] // Пищевая промышленность. – 2005. – № 11. – С. 74–75.
85. Мартиросян, В. В. Разработка технологии макаронных изделий с применением муки амаранта и сетарии: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Мартиросян Владимир Викторович; Пятигор. гос. техн. ун-т. – Пятигорск, 2006. – 227 с.
86. Марушев, А. И. Качество зерна пшениц Поволжья/ А.И. Марушев // Саратов, 1968.
87. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства: учеб. для вузов по специальности «Технология хлеба, кондит. и макарон. изделий» / Г. М. Медведев. – Москва: Колос, 1998. – 270 с.
88. Медведев, Г. М. Технология макаронных изделий: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 260202 «Технология хлеба, кондитер. и макарон. изделий» направления подгот. дипломир. специалиста 260200 «Пр-во

продуктов питания из растит. сырья» / Г. М. Медведев. – Санкт-Петербург: Гиорд. - 2005. – 307 с. – (Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий; Ч. 3).

89. Медведев, Г. М. Технология макаронных изделий/ Г.М. Медведев. – СПб.: ГИОРД. - 2006. - 312 с. ISBN 5-901065-95-6.

90. Медведев, П. В. Влияние твердозерности зерна на его макаронные свойства / П.В. Медведев, В.А. Федотов, И.А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - №11 (42). - URL: <https://research-journal.org/archive/11-42-2015-december/vliyanie-tverdozernosti-zerna-na-ego-makaronnye-svojstva> (дата обращения: 07.11.2024). - doi: 10.18454/IRJ.2015.42.149

91. Медведев, П. В. Системный подход к формированию качества макаронных изделий / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Хлебопродукты. – 2016. – № 8. – С. 58-60. – EDN WIDFYR.

92. Медведев, П. В. Твердозерность пшеницы как фактор регулирования потребительских свойств макаронных изделий / П. В. Медведев, В. А. Федотов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 23–25 января 2019 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 2181-2189. – EDN YZBJOX.

93. Медведев, П. В. Влияние генотипических факторов зерна пшеницы на структурно-механические свойства продуктов его размола / П. В. Медведев, В. А. Федотов, Н. П. Владимиров, Международный научно-исследовательский журнал. - 2019. - №12-1(90). – С. 104-108. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.90.12.021>

94. Мелешкина, Е. П. О новых подходах к качеству пшеничной муки / Е. П. Мелешкина // Контроль качества продукции. – 2016. – № 11. – С. 13-18. – EDN WXIKRJ.

95. Мелешкина, Е. П. Целевое использование зерна и муки – требование времени / Е.П. Мелешкина, С.Н. Коломиец, Л.В. Шеленкова, А.И. Коваль // Пищевая промышленность. 2013. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselevoe-ispolzovanie-zerna-i-muki-trebovanie-vremeni>

96. Наливкин, А. А. Твердые пшеницы / А. А. Наливкин// Под ред. акад. И. В. Якушкина. - 2-е изд., доп. и перераб. - Москва: Сельхозгиз, 1953. - 192 с.
97. Никифорова, Т. А. Рациональное использование побочных продуктов мукомольного и крупяного производств / Т. А. Никифорова, И. А. Хон, С. А. Леонова [и др.] // Хлебопродукты. – 2020. – № 11. – С. 30-32. – DOI 10.32462/0235-2508-2020-29-10-30-32. – EDN KWNXZH.
98. Осипова, Г. А. Научно-практическое обоснование технологий макаронных изделий, обогащенных бета-каротином, йодом и кальцием: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Осипова Галина Александровна. – Москва, 2000. – 28 с.
99. Осипова, Г. А. Использование мясных продуктов в производстве макаронных изделий / Г. А. Осипова, С. Я. Корячкина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 2-3. – С. 42–45.
100. Осипова, Г. А. Производство макаронных изделий с использованием альтернативного сырья / Г. Осипова, А. Волчков // Хлебопродукты. – 2008. – № 2 – С. 38–39.
101. Осипова, Г. А. Технология макаронного производства: учеб. пособие для вузов / Г. А. Осипова. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 152 с.
102. Осипова, Г. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование разработки новых видов макаронных изделий повышенной пищевой ценности: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Осипова Галина Александровна; ФГБОУ Гос. ун-т учеб. - науч. производств. комплекс. – Орел, 2012. – 418 с.
103. Осипова, Г. А. Влияние белоксодержащих добавок на качество и биологическую ценность макаронных изделий / Г. А. Осипова, Н. А. Березина, Т. В. Серегина, А. Е. Жугина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – № 5-6(365-366). – С. 34-39. – DOI 10.26297/0579-3009.2018.5-6.8. – EDN VRCRJP.
104. Осипова, Г. А. Инновационная технология производства макаронных изделий из полбяной муки / Г. А. Осипова, Е. В. Хмелева, Т. В. Мальченко // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – № 6(71). – С. 51-56. – DOI 10.33979/2219-8466-2021-71-6-51-56. – EDN WKNNLV.

105. Осипова, Г. А. Использование конопляной муки в производстве макаронных изделий / Г. А. Осипова, Т. В. Мальченко // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2024. – № 1(84). – С. 28-33. – DOI 10.33979/2219-8466-2023-84-1-28-33. – EDN UDJMIF.

106. Пат. 2223664 Российская федерация, МПК7 A 23 L 1/16, A 21 D 2/00. Корректирующая добавка для производства макаронных изделий и пельменного теста и способ производства макаронных изделий [Текст]/Косован А.П., Шнейдер Т.И., Калинина М.А., Казеннова Н.К., заявитель и патентообладатель ГосНИИХП ГУП, ООО «Макарон-Сервис». - №2001122285/13 заявл. 09.08.2001; опубл. 20.02.2004, Бюл. №5. – 18 с.

107. Пат. 2259788 Российская федерация, МПК7 A 23 L 1/162. Способ производства макаронных изделий быстрого приготовления [Текст]/Косован А.П., Шнейдер Т.И., Казеннова Н.К., Шнейдер Д.В.; заявитель и патентообладатель ГосНИИХП ГУП, ООО «Макарон-Сервис». - №2002110319/13 заявл. 19.04.2002; опубл. 10.09.2005, Бюл. №25. – 8 с.

108. Ремесло В. Н. Методы оценки технологических качеств зерна [Текст] / Ред. коллегия: акад. ВАСХНИЛ В. Н. Ремесло [и др.]; Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Науч. совет по качеству зерна. - Москва: [б. и.], 1971. - 136 с.: ил.; 22 см.

109. Розова, М. А. Экологические, генетические и эволюционные аспекты варьирования урожайности и ее структурных элементов у сортобразцов яровой твердой пшеницы в условиях приобской лесостепи Алтайского края/ М.А. Розова, А.И. Зиборов, Е.Е. Егизарян // Вестн. Алт. гос. агр. ун-та. - 2017. - №157(11). – С.5-13.

110. Розова, М. А. Изменение параметров качества зерна и макарон при сортосмене яровой твердой пшеницы на Алтае / М. А. Розова, А. И. Зиборов, Е. Е. Егизарян // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 11. – С. 43-47. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-11109.

111. Рсалиев, А. С. Устойчивость перспективных образцов яровой твердой пшеницы к листостебельным болезням / А. С.Rsалиев, Е. И. Гультяева, П. Н. Мальчиков [и др.] // Вестник защиты растений. – 2020. – Т. 103, № 2. – С. 105-112. – DOI 10.31993/2308-6459-2020-103-2-13334. – EDN JMOKOK

112. Садыгова, М. К. Технология макаронных изделий: Методические указания к лабораторным занятиям для обучающихся 4 курса очного и 5 курса заочного обучения направления подготовки 19.03.02 - Продукты питания из растительного сырья профиль подготовки - Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий/ Садыгова М.К., Шелубкова Н.С., Кириллова Т.В., Делекешев А.Н./ Саратов: ООО "Центр социальных агроИнноваций СГАУ". - 2018. – 88 с. – ISBN 978-5-906689-91-7. – EDN AITEU1.

113. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника яровой твердой пшеницы Материалы Всесоюз. совещ. селекционеров по твердой пшенице / [Редкол.: А.М. Медведев (отв. ред.) и др.]. — Куйбышев: Кн. изд-во, 1978. — 127 с.; 20.

114. Серегина, Т. В. Разработка обогащенных макаронных изделий с антиоксидантными свойствами: специальность 05.18.01 "Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодовоощной продукции и виноградарства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Серегина Татьяна Владимировна, 2016. – 183 с. – EDN XVFNPM.

115. Серегина, Т. В. Перспективы использования семян конопли в технологии макаронного производства / Т. В. Серегина, Г. А. Осипова, Л. А. Самофалова // Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Орёл, 15–31 марта 2021 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2021. – С. 184-188. – EDN ITRHOV.

116. Сиденко, А. О. Обогащение макаронных изделий пищевыми волокнами / А. О. Сиденко, С. А. Смирнова, В. В. Мартиросян // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения, Москва, 11 июня 2021 года. – Москва: Полиграфический комплекс «Буки Веди», 2021. – С. 101-111. – EDN XPUWKN

117. Синицын, С. С. Новая методика массового определения макаронных свойств пшеницы. / С.С. Синицын, Ю.В. Колмаков, А.И. Юферова // Селекция и семеноводство. – 1977. - №2. – С. 30-34

118. Синицин, С. С. Системный подход в решении проблемы качества зерна пшеницы// Вестник сельскохозяйственной науки. - 1987. - № 7. -С. 53-59.
119. Смирнова, С. А. Анализ ассортимента и пищевой ценности группы макаронных изделий с внесением белковых обогатителей, реализуемых мировыми онлайн-ритейлерами / С. А. Смирнова, В. В. Мартиросян // Хлебопечение России. – 2020. – № 4. – С. 16-24. – DOI 10.37443/2073-3569-2020-1-4-16-24. – EDN JOZTXU.
120. Смирнов, С. О. Макаронные изделия с низким гликемическим индексом / С. О. Смирнов, О. Ф. Фазуллина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2019. – № 3. – С. 32-41. – DOI 10.17586/2310-1164-2019-12-3-32-41. – EDN OVIXQF.
121. Сулейменов, И. С. Культура пшеницы в Казахстане // Автореферат дис., доктора с.-х. наук / Всесоюз. ордена Ленина акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства. - Алма-Ата: [б. и.], 1956. - 39 с.
122. Ториков, В. Е. Оценка качества зерна сортов яровой твердой пшеницы, используемого для приготовления макаронных изделий / В. Е. Ториков, Н. В. Долгополова // Агроконсультант. – 2014. – № 2(2014). – С. 11-17. – EDN VEBUBH.
123. Трифонова, А. А. Изучение вариабельности генов липоксигеназы у отечественных сортов твердой пшеницы / А. А. Трифонова, К. В. Борис, П. Н. Мальчиков, А. М. Кудрявцев // Генофонд и селекция растений: Материалы 7-й Международной конференции, посвященной 95-летию академика РАН П.Л. Гончарова, Новосибирск, 10–12 апреля 2024 года. – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики СО РАН, 2024. – С. 363-367. – DOI 10.18699/GPB2024-92. – EDN PIBSHN.
124. Тугарева, Ф. В. Новый сорт твёрдой яровой пшеницы Фея - межвидовой гибрид *Triticum durum*×*Triticum dicoccum* / Ф. В. Тугарева, В. С. Сидоренко, Ж. В. Старикова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 3(47). – С. 68-76. – DOI 10.24412/2309-348X-2023-3-68-76. – EDN EAMASO.
125. Федотов, В. А. Твердозерность зерна как фактор регулирования потребительских свойств макаронных изделий / В. А. Федотов // Студенческие научные общества - экономике регионов: Сборник материалов Международной

молодежной научной конференции. - Оренбург: Оренбургский государственный университет. – 2018. – С. 445-452

126. Федотов, В. А. Совершенствование методологии оценки технологических свойств зерна и прогнозирования качества хлебобулочных и макаронных изделий из пшеничной муки: авторефера дис. доктора технических наук: 05.18.01 / Федотов Виталий Анатольевич; [Место защиты: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева]. — Оренбург, 2020. — 35 с.

127. Фомин, П. Ф. Яровая пшеница в Западной Сибири / П. Ф. Фомин// Под ред. д-ра с.-х. наук орденоносца Н. В. Цицина; Сиб. науч.-иссл. ин-т зерн. хоз-ва. - Омск: Омгиз. – 1937. – С. 122, [2].

128. Хлесткина, Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е. К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 4-2. – С. 1044-1054. – EDN RVGWOT.

129. Черных, В. Я. Принципы управления качеством макаронных изделий / В.Я. Черных // Хлебопечение России. - 2015. - №6. – С. 37-41.

130. Черных, В. Я. Информационно-измерительная система на базе прибора "Полиреотест ПРТ-2" для контроля твердозёрности пшеницы / В. Я. Черных, Е. В. Карпушина, Н. Ю. Быкова, А. С. Максимов // Хлебопродукты. – 2020. – № 8. – С. 57-61. – DOI 10.32462/0235-2508-2020-29-8-57-61. – EDN NQATHS.

131. Черных, В. Я. Классификация технологических свойств пшеницы по показателям твердозерности / Черных, В. Я., Максимов, А. С., & Балуян, Х. А. // Хлебопродукты, - 2023. - № 6. - С. 54-60. – <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2023-32-6-54-60>

132. Черных, В. Я. Информационно-измерительная система на базе прибора «Структурометр СТ2» для контроля реологических характеристик пищевых сред. [Электронный ресурс] <https://www.strukturometr.ru/publikaczii/publikacziya-1.html>

133. Чехович, К. Ю. Селекционный отдел Бузенчукской опытной станции/ К.Ю. Чехович // В: Селекция и семеноводство в СССР - М., 1924. - С. 86-96.

134. Шнейдер, Д. В. Разработка рецептур макаронных изделий повышенной пищевой ценности / Д. В. Шнейдер, Е. В. Дудченко, Е. А. Зайцева // Хлебопечение России. – 2009. – № 3. – С. 20–21.
135. Электронный ресурс: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-makaronnyh-izdeliy-v-rossii-v-2021-godu> Дата обращения 29.05.2022
136. Электронный ресурс: https://www.akm.ru/press/v_2022_godu_v_rossii_budut_uvelicheny_posevnye_ploshchadi_pod_sortami_tverdoy_pshenitsy/ Дата обращения 29.05.2022
137. Электронный ресурс : <https://www.ab-centre.ru/news/rynok-makaronnyh-izdeliy-nekotorye-tendencii-v-2023-2024-gg> Дата обращения 09.02.2025
138. Электронный ресурс : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102090009> Дата обращения 15.01.2025
139. Электронный ресурс : <http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOpqmoAatAhvT2wJ8UPT5Wq8qIo.pdf> Дата обращения 25.01.2025
140. Электронный ресурс : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/> Дата обращения 25.01.2025
141. Atienza, S. G. Genetic variability of carotenoid concentration and degree of esterification among tritordeum (x *Tritordeum* Ascherson et Graebner) and durum wheat accessions / S.G. Atienza, J. Ballesteros, A. Martin et al. // J. Agric. Food Chem. – 2007. – Vol. 55 No. 10. – P. 4244-4251.
142. Avni, R. Wild emmer genome architecture and diversity elucidate wheat evolution and domestication / R. Avni, M. Nave, O. Barad, K. Baruch, S. O. Twardziok, H. Gundlach et al.// Science. - 2017. - № 357. – P. 93–97.
143. Biernacka, B. Relationship between the properties of raw and cooked spaghetti - new indices for pasta quality evaluation / B. Biernacka, D. Dziki, R. Rozylo, M. Wojcik, A. Mis, D. Romankiewicz, Z. Krzysiak // Intern. Agrophysics.-2018.-Vol.32, N 2.-P. 217-223.-Англ.-Bibliogr.: p.223.

144. Clarke, F. R. Gluten index compared with SDS-sedimentation volume for early generation selection for gluten strength in durum wheat / F.R. Clarke, J.M. Clarke, N.A. Ames, R.E. Knox, R.J. Ross // Canadian Journal of Plant Science. – 2010. - № 90(1). – P. 1-11. doi: 10.4141/CJPS09035
145. Cecchini, C. Assessing the rheological properties of durum wheat semolina: a review / C. Cecchini, A. Bresciani, P. Menesatti, M.A. Pagani, A. Marti // Foods. – 2021. - 10(12). – P. 2947 doi:10.3390/foods10122947
146. Dempewolf, H. Past and future use of wild relatives in crop breeding / Dempewolf H., Baute G., Anderson J., Kilian B., Smith C. and Guarino L. // Crop Sci. - 2017. - № 57. – P.1070–1082. doi: 10.2135/cropsci2016.10.0885
147. Deneva, M. Mogucnosti pravljenja testenine of nekih bugarskih genotipova durum psenice / M. Deneva // Zdravstveno bezbedna hrana. – Novi Sad. – 2000. – № 2. – P. 259–262.
148. Digèsù, A. M.Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats / Digèsù, A.M., Platani, C., Cattivelli, L., Mangini, G., & Blanco, A. // Journal of Cereal Science. - 2009. - № 50. – P.210-218. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.05.002>
149. Elouafi, I. Identification of a microsatellite on chromosome 7B showing a strong linkage with yellow pigment in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) / Elouafi I., Nachit M.M., Martin L.M. // Hereditas. – 2001. - №135 (2-3). – P.255-261. DOI 10.1111/j.1601-5223.2001.t01-1-00255.x.
150. Fu, B. X. Total Phenolic and Yellow Pigment Contents and Antioxidant Activities of Durum Wheat Milling Fractions / Fu, B. X., Chiremba C., Pozniak C.J., Wang K., Nam S. // Antioxidants (Basel). – 2017. Oct 14. - № 6(4):78. doi: 10.3390/antiox6040078. PMID: 29036891; PMCID: PMC5745488. /
151. Fu, B. X. Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality/ Fu, B.X. Wang K., Nam S., Taylor D., Dupuis B. //Journal of Cereal Science. – 2017. - № 79. – P.210-217.
152. Johnson, M. Association mapping for 24 traits related to protein content, gluten strength, color, cooking, and milling quality using balanced and unbalanced data in durum

wheat [Triticum turgidum L. var. durum (Desf.)] / Johnson, M., Kumar, A., Oladzad-Abbasabadi, A., Salsman, E., Aoun, M., Manthey, F. A., & Elias, E. M. // Frontiers in Genetics. – 2019. - № 10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00717>

153. Hourston, J. E. Biomechanical properties of wheat grains: the implications on milling / Hourston, J. E., Ignatz, M., Reith, M., Leubner-Metzger, G., & Steinbrecher, T. // Journal of the Royal Society Interface. – 2017. - №14 (126). – P.20160828. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0828>

154. Hussain, A. Carotenoid Content in Organically Produced Wheat: Relevance for Human Nutritional Health on Consumption / Hussain A, Larsson H, Kuktaite R, Olsson ME, Johansson E. // Int J Environ Res Public Health. Nov 2. – 2015. – №12 (11). – P. 14068-83. doi: 10.3390/ijerph121114068. PMID: 26540066; PMCID: PMC4661633.

155. Kaliniewicz, Z. An analysis of the correlations between the hardness index and selected physicochemical properties of wheat grain / Kaliniewicz, Z., Markowska-Mendik, A., Warechowska, M. // Journal of Cereal Science. – 2023. – № 110. – P. 103643. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2023.103643>

156. Kling, C. Durumanbau – auch eine Frageder Qualitat / C. Kling // DLG – Mitteilungen. – 1985. – T. 100, № 4. – P. 189–195.

157. Kovacs, E. T. Structure off unctional foods of pseudo-cereal based products / E. T. Kovacs, E. Berghoter, R. Schoniecher, H. Glattes // Verofientl. Arbeitsgerneinsch. Getreideforschunge. V. – Dermoid, 2000. – Bd. 283. – P. 51–60.

158. Maccaferri, M. Durum wheat genome highlights past domestication signatures and future improvement targets / Maccaferri M., Harris N. S., Twardziok S. O., Pasam R. K., Gundlach H., Spannagl M., et al. // Nat. Genet. – 2019. - № 51. – P.885–895.

159. Marchylo, B. A. Relationships among bread-making quality, gluten strength, physical dough properties, and pasta cooking quality for some Canadian durum wheat genotypes / Marchylo B.A., Dexter J.E., Clarke F.N., Clarke J.M., Preston K.R. // Can. J. Plant Sci. – 2001. - №81 (4). – P.611-620. DOI 10.4141/P00-13.

160. N'Diaye, A. Single marker and haplotype-based association analysis of semolina and pasta colour in elite durum wheat breeding lines using a high-density consensus

map / N'Diaye A., Haile J.K., Cory A.T., Clarke F.R., Clarke J.M., Knox R.E., Pozniak C.J. // PloS One. – 2017. - №12 (1). – P.e0170941. DOI 10.1371/journal.pone.0170941.

161. Rayas-Duarte, P. New wheai grains and products quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours / P. Rayas-Duarte, C. M. Mock, L. D. Satterlee// Cereal Chemistry. – 1996. – Vol. 73, № 3. – P. 381–387.

162. Ronchallo, P. F. Allelic variation at gluten loci (Glu-1, Glu-2, and Glu-3) in worldwide durum wheat collection and its effect quality atributies. / P.F. Ronchallo, C. Guzman, A.O. Larsen, A.L. Achilli, S. Dreisigksker, E. Molfese, V. Astiz, V. Echenique // Foodes. – 2021. - №10 (11). – P.2845. DOI10.3390/foods10112845.

163. Verlotta, A. Insight into durum wheat Lpx-B1: a small gene family coding for the lipoxygenase responsible for carotenoid bleaching in mature grains. / A. Verlotta, V. De Simone, A.M. Mastrangelo, L. Cattivelli, R. Papa, D. Trono // BMC Plant Biology. - 2010. - V.10. № 1. - P.1–18.

Приложение А.

Стандарт организации

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
 БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА**

ОКПД 2: 10.73.11.120

Группа Н 42
(ОКС 67.060)

**Макаронные изделия «Янтарные» на основе смеси из крупки яровой
 твердой пшеницы сорта Елизаветинская и крупки яровой мягкой
 высокостекловидной пшеницы сорта Александрит в соотношении 75:25**

СТО 00493497- 079-2025
 (вводится впервые)

Дата введения в действие 01.03.2025 г.**РАЗРАБОТАНО:**

Кафедра «Технологии продуктов питания» Вавиловский университет
 проф. Садыгова М.К.,
 аспирант Жиганова Е. С.

Саратов 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА**



**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по производству
Макаронные изделия «Янтарные» на основе смеси из крупки яровой
твёрдой пшеницы сорта Елизаветинская и крупки яровой мягкой
высокостекловидной пшеницы сорта Александрит в соотношении 75:25**

ТИ к СТО 00493497- 079-2025

Срок введения в действие 01.03.2025 г.

Саратов 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА**



РЕЦЕПТУРА

**Макаронные изделия «Янтарные» на основе смеси из крушки яровой
твёрдой пшеницы сорта Елизаветинская и крушки яровой мягкой
высокостекловидной пшеницы сорта Александрит в соотношении 75:25**

РП к СТО 00493497- 079-2025

Срок введения в действие 01.03.2025 г.

Саратов 2025

Приложение Б

Акт производственных испытаний



АКТ
производственных испытаний

г. Энгельс

Мы, комиссия в составе зам. директора Романовой И.А., ведущего инженер-технолога Кулаткиной А.С. и представителей ФГБОУ ВО «Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова» к.т.н., профессором Садыговой М.К. и аспирантом Жигановой Е.С. кафедры «Технологии продуктов питания» составили настоящий акт о том, что 18 февраля 2025 года была проведена выработка опытной партии макаронных изделий из композитной смеси содержащую крупку высшего сорта твердой пшеницы сорта Елизаветинская и крупку высшего сорта мягкой пшеницы сорта Александрит в соотношении 75:25.

Для производства макаронных изделий использовали макаронную линию Buhler (Швейцария) для производства макаронных изделий типа спагетти. В состав линии производительностью 900 кг/час входят: мукопросеиватель, пресс-автомат, сушка фирмы Buhler, мельница для переработки обрезков, фасовочный аппарат фирмы Stiavell.

Макаронные изделия вырабатывали без изменения аппаратно-технологической схемы в виде спагетти при следующих технологических параметрах: влажность теста 30-32 %, температура воды 40-45 °C, продолжительность замеса – 25 минут. Рецептура макаронных изделий из композитной смеси крупки твердой пшеницы и крупки мягкой пшеницы в соотношении 75:25.

Результаты исследований выработанных макаронных изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – показатели качества макаронных изделий

Название показателя	Макаронные изделия из композитной смеси
Цвет	светло-кремовый
Состояние поверхности	гладкая без шероховатостей
Излом	стекловидный
Форма	соответствующая виду изделия
Вкус	свойственный данному виду изделия, без постороннего
Запах	свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха
Состояние изделий после варки	не слипаются
Влажность, %	12,4
Кислотность, град	1,8
Зола, нерастворимая в 10% HCl, %	0,11
Сохранность формы вареных изделий, %	100
Металломагнитная примесь на 1 кг продукта	не обнаружено
Сухое вещество, перешедшее в варочную воду, %	3,98

Макаронные изделия из композитной смеси органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют ГОСТ Р 54656-2011.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. Макаронные изделия из композитной смеси органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют ГОСТ Р 54656-2011;
2. Производственный процесс осуществлялся по режимам и технологиям, принятым на предприятии без изменения машинно-аппаратной схемы.

Зам. директора

Романова И. А.

Ведущий инженер-технолог

Кулаткина А. С.

к.т.н., профессор кафедры ТПП

Садыгова М. К.

Аспирант кафедры ТПП

Жиганова Е. С.

Приложение В

Патент РФ №2839859«Смесь для изготовления макаронных изделий»



Приложение Г
Дипломы конференций





Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
ФГБОУ ВО
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.И. ВАВИЛОВА

Диплом

I степени

НАГРАЖДАЕТСЯ

аспирант 1 года обучения

Жиганова Елена Сергеевна

ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ
за доклад на III Международной научно-практической конференции
«ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО:
ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ»

Руководитель: Садыгова Мадина Карипулловна
д. т. н., профессор кафедры «Технологии продуктов питания»

И. о. проректора
по научной и
инновационной работе



И.Л. Воротников

16-17 марта 2022 года

г. Саратов





МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕНЕТИКИ,
БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ ИМЕНИ Н. И. ВАВИЛОВА”

Диплом

I степени
награждается

Жиганова Елена Сергеевна

аспирант, м.н.с., ФАНЦ Юго-Восток

за доклад на конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов
по итогам научно-исследовательской,
учебно-методической и воспитательной работы за 2023 год
на тему: "Оптимизация соотношений мягкой и твердой пшеницы в рецептуре спагетти
на основе биоресурсов Саратовской селекции"

Руководитель: д.т.н., профессор Садыгова Мадина Карипулловна

Декан факультета ветеринарной медицины, пищевых и
биотехнологий

Н. Л. Моргунова

Саратов
2024



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕНЕТИКИ, БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ
ИМЕНИ Н. И. ВАВИЛОВА.

Диплом

I степени

награды лауреата

Жиганова Елена Сергеевна
аспирант 4 года обучения

за доклад на конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской, учебно-методической и воспитательной работы за 2024 год
на тему: «Комплексная оценка технологических свойств зерна яровой пшеницы».

Руководитель:
д.т.н., профессор Садыгова Мадина Карипулловна

Директор института биотехнологии  Н.В. Коник

Саратов
2025

Приложение Д
Сертификаты участия в конференциях





СЕРТИФИКАТ

УЧАСТНИКА
СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О ТОМ, ЧТО

ЖИГАНОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

аспирант ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова», г. Саратов, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов

САДЫГОВА МАДИНА КАРИПУЛЛОВНА

профессор кафедры Технологии продуктов питания ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, доктор технических наук

ШУТАРЕВА ГАЛИНА ИВАНОВНА

ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства твердой пшеницы ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока, кандидат биологических наук

выступили с докладом «Яровая твердая пшеница Саратовской селекции и ее конкурентоспособность для макаронной продукции»

на III Международной научно-практической конференции «Перспективные технологии продуктов питания на зерновой основе: функциональность, безопасность, качество»

А.А. Солдатов

И.о. директора
Российского биотехнологического университета
(Университет РОСБИОТЕХ)

г. Москва, 28 - 29 мая 2014 г.