

ГОВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-барановского»

На правах рукописи

Милохова Татьяна Анатольевна

УДК637.523

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШПРИЦЕВАНИЯ ФАРША
ВАРЕННЫХ КОЛБАС НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО
ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА**

05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель:
Топольник Вера Григорьевна
доктор технических наук,
профессор

Донецк – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРММОВАНИЯ ВА- РЕННЫХ КОЛБАС (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)....	11
1.1. Процессы формирования колбасных изделий.....	13
1.2. Факторы, влияющие на качество фарша в процессе шприцева- ния.....	18
1.2.1 Характеристики фарша, важные для процесса шприцева- ния.....	18
1.2.2. Параметры процесса шприцевания, влияющие на характери- стику качества фарша вареных колбас.....	19
1.3. Оборудование для шприцевания колбасных изделий.....	27
1.4. Выводы по разделу.....	44
РАЗДЕЛ 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	46
2.1. Методика исследования качественных характеристик продукта.....	46
2.2. Методика проведения экстремального эксперимента.....	52
2.3. Методика статистической обработки данных.....	56
2.4. Выводы по разделу.....	57
РАЗДЕЛ 3. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАС И ПА- РАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....	59
3.1. Характеристики и показатели качества входного сырья и исходно- го продукта.....	59
3.2. Моделирование реологических свойств фарша.....	59
3.3. Исследование микроструктуры фарша.....	68
3.4. Характеристики качества вареных колбас, сформировавшиеся в процессе шприцевания.....	71
3.5. Выводы по разделу.....	83
РАЗДЕЛ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ШПРИЦЕ- ВАНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАС.....	84
4.1. Характеристика факторного пространства ПФЭ 2 ³	84
4.2. Определение функции отклика параметров оптимизации в процес- се шприцевания вареных колбас.....	86
4.3. Выводы по разделу.....	108
РАЗДЕЛ 5. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ОБЪЕК- ТОВ ПРОЦЕССА ШПРИЦЕВАНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАС.....	109
5.1. Обобщенный параметр оптимизации процессов производства ва- реных колбас.....	109
5.2. Обоснование комплексной количественной оценки качества на- чальных, промежуточных и конечных продуктов процесса шприцева- ния вареных колбас.....	114
5.3. Результаты комплексной количественной оценки качества началь- ных, промежуточных и конечных продуктов процесса производства	

вареных колбас.....	120
5.4. Обработка результатов комплексной оценки показателей качества.....	125
5.5. Выводы по разделу.....	127
РАЗДЕЛ 6. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРАКТИКУ.....	129
6.1. Экономическая эффективность результатов исследований.....	129
6.2. Выводы по разделу.....	136
ВЫВОДЫ.....	137
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	139
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	155

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БГКП	- бактерии группы кишечной палочки
ВПС	- влагопоглощающая способность
ВУС	- влагоудерживающая способность
ВС	- высший сорт
ПНС	- предельное напряжение сдвига
ЖПС	- жиропоглощающая способность
ЖУС	- жирудерживающая способность
МАФAnM	- мезофильные аэробные и факультативно анаэробные микроорганизмы
МД	- массовая доля
НД	- нормативный документ
ПАВ	- поверхностно-активные вещества
ПФЭ	- полный факторный эксперимент
СМХ	- структурно механические характеристики
СМС	- структурно механические свойства
ТИ	- технологическая инструкция
ТУ	- технические условия

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Сегодня, в условиях рыночной экономики, важное значение имеет конкурентоспособность производимой продукции, в которой существенную роль играет качество. Колбасные изделия являются одним из продуктов питания. Поэтому перед производителями колбасной продукции стоит важная задача – удовлетворение потребителя качественным товаром. Это заставляет производителя направлять все свои усилия, как на стабилизацию качественных показателей готовой продукции, так и на постоянное их повышение.

Это возможно только с использованием современных методов исследования, позволяющих научно обосновывать условия реализации технологического процесса в целом, а также процессов на отдельных его этапах, при использовании оборудования нового поколения, с интегрированной компьютерной оснасткой. Для этого необходима новая методология, математические аппараты, контролирующие устройства и приборы, а также банк данных свойств колбасных оболочек и фарша.

При анализе основных проблем производства вареных колбас нами выделена одна из главных – это равномерная плотность структуры колбасного изделия, отсутствие больших и малых пустот в консистенции. Эти пустоты образуются в волокнистой структуре мышц за счет газовой фазы, которая при измельчении освобождается, а также за счет внесенного воздуха, увлекаемого рабочими органами и соответственно распределяются по всей массе фарша. Они приводят к ухудшению внешнего вида изделия на разрезе, негативно влияют на его запах, цвет, сокращают сроки реализации готовых изделий.

На образование воздушных пустот влияет ряд факторов, как на предыдущих технологических этапах (неточное соблюдение рецептуры по количественному и качественному составу фарша, измельчение и перемешивание рецептурных компонентов; нерациональное использование технологического оборудования), так и во время самого процесса наполнения оболочки (тип конструкции вытеснителя, давление, создаваемое при шприцевании, структурно-механические свойства

фарша, вид и размер оболочки, ее термостатические и динамические свойства).

Изучением вопросов занималось ряд ученых: А.И. Бармаш, С.А. Бредихин, А.В. Горбатов, К. Динков, Д.Г. Йорданов, В.Д.Косой, С.Н. Туменив.

Процессы измельчения и куттерования мяса достаточно изучены современными авторами, Г. В. Бакунца, И.А. Роговой, А. Г. Андрющенко, но процесс шприцевания, на наш взгляд, является недостаточно изученным. Процесс шприцевания колбасного фарша в оболочку остается одним из последних этапов (механического процесса) попадания и удаления газовой составляющей из сырья. Поэтому, цель работы заключается в определении оптимальных параметров процесса шприцевания при производстве вареных колбас, обеспечивающих высокий показатель качества готовой продукции.

Современные тенденции в процессах шприцевания колбасного фарша в оболочку характеризуются созданием непрерывно действующего оборудования, которое оснащено высокоинтенсивными и высокотехнологичными устройствами. Оно должно отвечать повышенным санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям, позволяющим сократить общий цикл дозирования и затраты сырья при шприцевании, выпускать высококачественные колбасные изделия со структурой без пустот.

Как показал анализ научно-технической литературы, отсутствуют знания, научно обоснованные положения о взаимосвязи режимов работы технологического оборудования (шприца), варьируемых в сравнительно широких пределах, с качественными показателями готовой продукции, позволяющие обеспечить стабильное качество колбасных изделий.

Растущий спрос на колбасные изделия и конкуренция внутри рынка делают актуальным задание по усовершенствованию процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку, путем определения оптимальных условий процесса шприцевания, обеспечивающих улучшение физико-химических, структурно-механических, микробиологических, органолептических показателей колбасных изделий.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа отвечает направлениям научно-исследовательской работы кафедры технологии и ор-

ганизации производства продуктов питания имени Коршуновой А.Ф. ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговле имени Михаила Туган-Барановского» (ДонНУЭТ). Д-2014-10 «Научное обоснование технологии полуфабрикатов многофункционального назначения с использованием растительного сырья». Д-2005-14 «Разработка научных рекомендаций по повышению качества работы предприятий ресторанного хозяйства» и хоздоговорных работ Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского № 578/2010 "Обоснование системы и практическое определение показателей качества технологической обработки при изготовлении мясных фаршей", №602 / 2010 «Оптимизация показателей качества свино-говяжьего и куриного фарша».

Цель работы и задачи исследований. Целью диссертационной работы является определение оптимальных параметров процесса шприцевания фарша вареных колбас, обеспечивающих высокий показатель качества готовой продукции.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд взаимосвязанных задач, а именно:

- проанализировать существующий опыт использования современного оборудования для реализации процесса шприцевания;
- определить влияние условий процесса шприцевания на показатели качества фарша;
- определить свойства фарша вареных колбас при шприцевании;
- определить оптимальные параметры процесса шприцевания фарша вареных колбас;
- разработать методику оценки свойств фарша вареных колбас для комплексного показателя качества;
- выявить аналитическую зависимость между показателями качества и условия процесса шприцевания;
- внедрить результаты исследований в учебный процесс и в процесс производства на мясоперерабатывающих предприятиях.

Объектом исследования является процесс шприцевания фарша вареных колбас и основные составляющие этого процесса.

Предметом исследования являются характеристики показателей качества колбасного фарша и колбасы вареной согласно требованиям ГОСТУ 46.020-2002 [87] и ДСТУ 4436:2005 [54].

Методы исследования. При выполнении работы использованы следующие методы исследования: теоретические - анализ литературных источников, анализ и синтез, расчетный; статистические - планирование эксперимента методом Бокса-Уилсона, квалиметрические; экспериментальные - физические, химические, органолептические. Обработка результатов эксперимента проводилась с помощью стандартных методов математической статистики.

Обоснование и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность экспериментальных исследований влияния параметров процесса шприцевания на качественные характеристики фарша вареных колбас обеспечена использованием современных методик с применением компьютерных технологий, статистическим планированием и проведением активного многофакторного эксперимента. Достоверность полученных научных результатов, методик расчета, выводов и рекомендаций обеспечена использованием основных теорий реологии, пищевой технологии, квалиметрии, а также современных измерительных приборов, статистических методов обработки экспериментальных данных и подтверждается адекватностью теоретических и экспериментальных данных.

Научная новизна полученных результатов:

- выявлены шприцы, имеющие наиболее высокий уровень по основным характеристикам (производительность, мощность, масса, габаритные размеры);
- впервые определены параметры процесса шприцевания на вакуумных роторных шприцах;
- впервые получены статистически адекватные математические модели зависимости показателей качества фарша от условий шприцевания фарша вареных колбас в оболочку, позволяющие прогнозировать качество колбас в процессе изготовления;

- впервые разработана методика комплексной количественной оценки качества колбасного фарша;

- впервые установлены оптимальные параметры процесса шприцевания, обеспечивающие высокое качество фарша вареных колбас по комплексу показателей;

- получило дальнейшее развитие и использование комплексных показателей качества в пищевой технологии, в частности в колбасном производстве.

Практическое значение полученных результатов заключается в:

- определении оптимальных условий процесса шприцевания фарша вареных колбас;

- разработке шкал оценки единичных физико-химических, структурно механических и органолептических показателей фарша вареных колбас с учетом требований действующей нормативной документации;

- уменьшении расхода оболочки на единицу массы фарша;

- разработке методики количественной оценки качества фарша вареных колбас по комплексу показателей.

Результаты исследований внедрены в процесс производства колбас на мясоперерабатывающих предприятиях и использованы в учебном процессе.

Личный вклад соискателя заключается в анализе литературных источников по научной проблеме, обосновании и формулировании темы диссертации, составлении общей схемы экспериментальных исследований, планировании активного эксперимента по поиску оптимальных условий процесса шприцевания, проведении экспериментов, статистической обработке и анализе результатов эксперимента, обосновании системы показателей качества, разработке методических вопросов их количественной оценки, расчете комплексного показателя качества фарша в процессе шприцевания, формулировании научных положений и выводов, проведении мероприятий по внедрению результатов исследований в практику.

Анализ и обобщение результатов исследований проведен совместно с научным руководителем д.т.н., проф. Топольник В.Г. В материалах, опубликованных в соавторстве, диссертанту принадлежат основные идеи, планирование, организация

и проведение экспериментальных исследований, обработка результатов, подготовка к публикации.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты научной работы докладывались и были одобрены на: VII Международной научной конференции «Техника и технология пищевых производств», (Могилев, 2010 г.), VI Международной научно-практической конференции «ACTUÁLNÍ VYMOŽENOSTI VĚDY - 2010» (Прага, 2010 г.); XI Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2016 г.), Евразийский Союз Ученых; Международной научно-практической конференции технологий и управления (Мелеуз, республика Башкортостан, 2016 г.); Международной научно-практической конференции «Современные технологии: Актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2016 г.); III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инновационные технологии в пищевой промышленности» (Самара, 2016 г.); X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева (21 – 22 ноября 2019 года, Орёл).

Публикации. По итогам результатов исследований опубликовано 16 научных работ, в том числе 6 статей в научных специализированных изданиях, утвержденных ВАК.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из вступления, шести разделов, выводов, списка использованных литературных источников, включающий 178 наименований, из них 24 иностранных, и приложений. Текст диссертации изложен на 154 страницах компьютерного набора, в том числе 48 рисунков и 29 таблицы, из которых полную страницу занимают 7 рисунков и таблиц.

РАЗДЕЛ 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМОВАНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАС (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Современный рынок мяса и колбасных изделий республики претерпевает значительные изменения. Среди негативных можно выделить: массовое использование дешевого сырья ввозимого из Российской Федерации, как альтернативу более дорогостоящему отечественному сырью; рост цен на энергоносители и основные составляющие колбасного производства; постоянное колебание (увеличение) цен на готовую продукцию; снижение качественных и вкусовых показателей в погоне за массовым потребителем с низкой платежеспособностью; экспорт отечественной колбасной продукции предполагается только в перспективе.

К положительным изменениям можно отнести: усовершенствование производства для изготовления конкурентоспособной продукции; продвижение брендовой продукции и расширение ассортиментного присутствия в среднем и низкоценовом сегментах; увеличение объемов выпуска мелкофасованной продукции, а также сырокопченых и сыровяленых колбас в фирменной упаковке; введение в действие новых ДСТУ на мясо и мясопродукты в 2009 году, которые дают возможность расширения ассортимента колбасной продукции.

Все эти тенденции в значительной мере влияют на отрасль. Для изготовления высококачественной продукции производителям приходится принимать различные меры. Одним из таких мероприятий является совершенствование качества изготовления наиболее распространенной группы колбасных изделий - вареных колбас, которая за счет своего ассортимента и высоких вкусовых и потребительских свойств пользуется большим спросом у населения. Потребление вареных колбас, сосисок и сарделек в общем объеме составляет почти 60%, а полукопченых и варено-копченых колбас, соответственно - 30 и 10% [132].

К группе колбасных изделий относят мясные продукты из колбасного фарша в оболочке или без нее, подвергнутые термической обработке или ферментации и готовые к употреблению. Общая классификация колбасных изделий:

- по виду мяса: говяжьи; свиные; из конины; из мяса птицы и т.д.;
- по составу сырья: мясные; субпродуктовые; кровяные, диетические;
- по качеству используемого сырья [54]: на высший, первый, второй, третий сорта;
- по виду оболочки: в натуральной; искусственной; без оболочки;
- по рисунку фарша на разрезе: с однородной структурой; с включением шпика, языка или крупноизмельченного мяса;
- по назначению: для широкого потребления; деликатесные; для диетического; для детского питания;
- по технологии изготовления: вареные; полукопченые; копченые (варено-, сырокопченые и сыровяленые); фаршированные; сосиски и сардельки; ливерные колбасы; кровяные колбасы; мясные хлеба; паштеты; зельц и студни.

Пищевая ценность колбасных изделий различна. В зависимости от рецептурного сырья, содержание белка может быть от 10 до 30%, содержание жира - от 10 до 50%, количество влаги - от 20% (сырокопченые и сыровяленые) до 80% (зельц). Поэтому и энергетическая ценность 100г этих изделий колеблется от 800 кДж для вареных колбас до 2400 кДж - копченых.

К группе вареных изделий относятся [54]: вареные колбасы; сосиски; сардельки; мясные хлеба. Отличительной особенностью производства этой группы является тщательное измельчение сырья, в результате чего формируются определенные свойства: активно связывается вода и жир; формируется вторичная структура; улучшается вязкость. В свою очередь, все эти свойства напрямую зависят от качества сырья [95] и технологических аспектов (способа засолки [53,49]; уровня и типа разработки фарша; температуры фарша; параметров шприцевания; осаждения; термообработки [95] и т.д.).

Процесс производства колбасных изделий включает следующие основные операции: обвалка - отделение мяса от костей; жиловка - отделения сухожилий, хрящей, кровеносных сосудов; разрезания подготовленного мяса на куски; посол и выдержка в рассоле; измельчение на волчке или куттере; составление колбасного фарша и перемешивание в фаршемешалке; формования колбасных

изделий. Процесс формования включает следующие стадии: подготовка колбасной оболочки; подача колбасного фарша для наполнения; шприцевания оболочки фаршем; вязка или клипсование; штриковка; навешивание колбасных батонов на палки и рамы, осадка для уплотнения фарша; обжарка, варка, копчение в термокамерах; охлаждение и выдача готового изделия на склад.

1.1. Процессы формования колбасных изделий

Одним из процессов, гарантирующих получение высококачественной продукции, является процесс формования колбасных изделий [60], включающий в себя (табл. 1.1): подготовку оболочки; подачу фарша; дозирование и наполнение (шприцевание) оболочки фаршем; перекрутку батонов, вязку, клипсование, штриковку; навешивание колбасных батонов на палки и рамы.

Колбасные оболочки являются технологическими емкостями, которые придают изделиям определенные характеристики [36, 74, 91]: определенную форму, которая удобна при хранении и реализации, защищают от внешних факторов, от обсеменения патогенных микроорганизмов и окислительной порчи, и все это за счет собственной прочности, плотности, эластичности, термо- и влагостойкости, определенного уровня водо-, паро- и газопроницаемости.

Для каждого вида колбасных изделий в соответствии с техническими инструкциями подбирают оболочку определенного типа, диаметра и длины. По происхождению колбасные оболочки подразделяются на натуральные и искусственные: к натуральным относятся обработанные говяжьи, свиные, бараньи, конские кишки, свиные желудки, мочевого пузыря, пищевод. Искусственные оболочки бывают нескольких видов: белковые (кутизин, натурин, белкозин), целлюлозные (вискозные, целлофановые), бумажные (пергаментные и из бумаги, пропитанной различными составами) и из искусственных полимеров (полиэтилен, саран).

Фарш подается в машинно-шприцовочное отделение с помощью технологических тележек и подъемников-загрузчиков [18, 62, 144, 157].

Таблица 1.1

Перечень технологических операций при формовании колбасных изделий

№, п/п	Наименование операции	Технологические параметры и дополнительные сведения по операции	Технические средства
1	Подготовка колбасной оболочки [12, 34, 74, 110, 136]	Засоленные натуральные оболочки освобождают от соли, промывают в холодной проточной воде [15, 32, 74, 91]. Сухие мочевые пузыри замачивают в теплой воде на 10-15 минут [34]. После оболочки промывают, продувают сжатым воздухом, калибруют, сортируют и нарезают определенной длины [32].	Ванна для замочки колбасной оболочки, стол для вязки или клипсатор [62, 74]
2	Подача колбасного фарша для наполнения оболочки [74]	Транспортировка фарша в технологических тележках, подача и загрузка шприца с помощью подъемника-загрузчика. Температура фарша вареных колбас 12 ... 16°C, а для полукопченых и варенокопченых колбас 12°C [74]	Тележки технологические, подъемник-загрузчик [18, 62]
3	Дозировка и наполнение (шприцевание) оболочки фаршем [12, 34, 74, 110, 136]	Дозировка осуществляется по длине батона или методом объемного дозирования. Фарш в процессе подачи в оболочку подвергается деаэрации [74]	Шприц для наполнения колбасной оболочки, дозатор фарша, [74], сменный комплект цевок
4	Перекручивание батончиков или вязки, клипсование (наложение металлических клипс на концы батончиков), штриковка [12, 34, 74, 110, 136]	Перевязка шпагатом по специальным утвержденным схемам вязки. В верхней части батончиков со шпагата делают петлю для навешивания их на рамы [110].	Перекрутчик, клипсатор, стол для вязки колбасных батончиков [74]

5	Навеска колбасных батонов на вешала и рамы [12, 34, 110, 136]	Батоны навешивают на палки и размещают на рамах так, чтобы между ними был зазор для предотвращения слипания. Норма размещения колбас на одной раме 100-250 кг, в зависимости от вида колбас.	Рамы передвижные [18, 62], вешала
---	---	--	-----------------------------------

Шприцевание - процесс принудительного [96] наполнения оболочек осуществляющийся путем вытеснения фарша [12, 74, 91, 136] из шприца через цевки, или его дозаторы [9] с последующим запечатыванием [38] в определенную форму [10, 74, 91].

Процесс шприцевания характеризуется величиной давления [60, 91], зависящее от вида оболочки [60], типа изделия [91], его состава [91], физико-механических [60] и реологических свойств (вязкости, пластичности) [91].

На диаметр и общее состояние изделия влияет скорость прохождения колбасного фарша через шприц. Чтобы изготовить варёную колбасу большого диаметра, необходимо соблюдать медленное прохождение фарша. Структура самого наполнителя остаётся неизменной, а производительность получается довольно высокой. Однако термическая обработка такой колбасы должна быть более глубокой, иначе фарш просто закиснет. Фарш продвигается быстрее во время повышения давления, но его структура, а также другие свойства ухудшаются, сравнительно с подачей на небольшой скорости. Разновидность колбасного изделия и состава смеси влияет на значение скорости, а также давление, которое максимально подходит. Поэтому для каждого вида колбасных изделий подобрано свое давление шприцевания.

Вареные колбасы шприцуют с меньшей плотностью на пневматических шприцах под давлением от 0,4 до 0,6 МПа (0,4...0,5 МПа [110, 136], 0,49...0,59 МПа [34] 0,5...0,6 МПа [9, 15, 91]), на гидравлических - в диапазоне 0,8...2,5 МПа (0,8...1,0 МПа [110, 136], не более 2,5 МПа [33]), для исключения расшире-

ния фарша и разрыва оболочки, применяется вакуум (-0,4...-0,1 МПа [111]) или без него.

Фарш сосисок и сарделек шприцуют под давлением 0,3...0,8 МПа (0,3...0,4 МПа [44], 0,39...0,49 МПа [34], 0,4...0,5 МПа [9, 110], 0,4...0,6 МПа [15, 91], 0,4...0,8 МПа [136]).

Оптимальной величиной давления шприцевания для мясных эмульсий вареных колбас является 0,5...0,6 МПа [74].

Фарш полукопченых колбас шприцуют плотнее, чем вареные колбасы, так как объем батонов сильно уменьшается при сушке [12, 91, 110, 71]. Величина давления для пневматических шприцев составляет 0,5...1,2 МПа (0,5...1,2 МПа [110], 0,59...0,78 МПа [34], 0,6...0,8 МПа [9, 15, 91]), для гидравлических - 1,0...1,2 МПа.

Фарш варено-копченых колбас также плотно шприцуют с использованием гидравлических поршневых шприцев при давлении 0,5...2 МПа (0,5...1,2 МПа [136], до 0,7...0,8 МПа до 1,2 МПа [34], 1,3 МПа [9, 74, 110], до 2 МПа [91]).

Фарш сырокопченых колбас наполняют плотно [110] с использованием гидравлических поршневых шприцев при давлении 0,8...2 МПа (0,8...0,9 МПа [44], 1,3 МПа [15, 110, 136], 1,3 1,5 МПа, до 2 МПа [91]).

Обзор изученных литературных источников дает нам возможность использования этих параметров и их величин в качестве исходных для создания экспериментального стенда при исследовании процессов шприцевания вареных колбас.

Физическая сущность процесса шприцевания заключается в пластической деформации фарша под воздействием определенного давления и его истечения через насадку шприца - цевку.

Цевки - это металлические трубки с коническим расширением, которые крепятся к патрубку шприца, имеют определенную длину и диаметр. Диаметр влияет на производительность шприцевания (замедление / ускорение) [12], плотность наполнения [9, 12, 34, 60, 91, 110] и попадание воздуха под оболочку за счет не плотного прилегания оболочки к цевке, что приводит к образованию воз-

душных пустот, которые влияют на органолептические характеристики продукта.

При заполнении натуральных оболочек колбасным фаршем необходимо правильно выбрать диаметр цевки. Диаметр цевки зависит от диаметра используемой оболочки:

- для узких бараньих черев	- 16 мм;
- для широких бараньих черев	- 25 мм;
- оболочка для сарделек	- 25-36 мм;
- для говяжьих черев узких и средних	- 36 мм;
- кругов №.1 и 2	- 36 мм;
- для кругов № 3 и 4	- 48 мм;
- для синюг говяжьих и бараньих	- 60 мм.

При большом диаметре оболочки нельзя применять узкую цевку, т.к. процесс шприцевания будет замедляться и под оболочку может попадать воздух. При большом диаметре цевки затрудняет надевание оболочки.

После шприцевания колбасные батоны клипсуют алюминиевыми скобами на клипсаторах [34, 48, 74, 157], или перекручивают [9, 15] на специальных полуавтоматах или перевязывают шпагатом при этом делая, верхней части батона петлю [74, 110]. После этого натуральные оболочки сырых колбас штрикуют [21, 32, 71, 74, 91, 110, 126, 154, 173] для удаления воздуха, искусственные оболочки не штрикуют, поскольку снижается их механическая прочность [91], навешивают на палки и размещения на передвижных рамах.

Таким образом, можно сделать предварительный вывод, что не определены четкие технологические нормативы по формованию, шприцеванию и дозировке колбасных изделий. Существует целый ряд факторов, которые в комплексе

вливают на качественные характеристики конечного продукта и затрудняют определение оптимальных режимов работы оборудования.

1.2. Факторы, влияющие на качество фарша в процессе шприцевания

1.2.1. Характеристики фарша, важные для процесса шприцевания

В настоящее время окончание технологических и механических операций в процессе приготовления фаршей и шприцевания определяются субъективно, и поэтому качество и выход готовой продукции является следствием только профессиональных навыков специалистов [7].

С целью контроля показателей качества фарша, регулирования технологических процессов, оптимальных режимов необходимо определить и обосновать такие характеристики мясных фаршей [57], которые были бы зависимы от технологических изменений, а также механического [45, 57, 131] и теплового воздействий. Такими характеристиками могут выступать реологические или структурно-механические свойства [20, 57, 60, 131], которые практически не учитываются при проектировании оборудования, что приводит к созданию конструкций, не обеспечивающих оптимальных режимов обработки сырья.

Особенностью структурно-механических свойств является то, что они определяют поведение продукта в условиях напряженного состояния [60]. По способу приложения усилия или напряжения к продукту их можно разделить на три группы [60]: сдвиговые, компрессионные и поверхностные.

Сдвиговые свойства характеризуют поведение объема продукта при воздействии на него сдвиговых, касательных напряжений [60]. Они более чувствительны к изменениям различных технологических и механических факторов по сравнению с компрессионными и поверхностными [57, 131] и характеризует качество вязко-пластичных материалов, к которым относится колбасный фарш [57]. Рассмотрение их занимает основное место при изучении течения жидкостей или дисперсий [60].

К сдвиговым характеристикам фарша вареных колбас относятся: предельное напряжение сдвига θ_0 ; пластическая вязкость η мПа·с; $\eta_{эф} = B\omega^{-m}$ - эффективная вязкость мПа·с; B - эффективная вязкость при единичном значении скорости $\omega = 1$ м/с; m - темп разрушения структуры в зависимости от технологических факторов (влажность, содержание жира, продолжительность старения или осадки, концентрация водородных ионов или уровень pH) и физико-механических (температура, степень измельчения или дисперсность, давление и вакуум) [57, 60].

Компрессионные (объемные) характеристики определяют поведение объема продукта при воздействии на него нормального напряжения в замкнутой форме или между двумя пластинами [60]. К параметрам, определяющим объемные характеристики, относятся - модуль упругости (E , Па), равновесный модуль (E_R , Па), период релаксации деформации при постоянном напряжении (τ_σ , с), относительная объемная деформация (ϵ) [60]. Эти параметры необходимы для расчета процессов шприцевания, формования и дозирования пластично-вязких продуктов [60]. Объемные свойства можно использовать для оценки качества упруго-эластичных продуктов [57, 60], например, готовых колбасных изделий [60].

Поверхностные свойства характеризуют поведение продукта на границе раздела с другим, твердым материалом при действии нормальных и касательных напряжений [60]. Эти данные нужны для выбора и разработки новых видов контактирующих материалов с продуктом для оборудования, тары, трубопроводов и т.д., поверхности которых должны иметь малую адгезию и минимальное сопротивление при движении продукта [60]. Кроме того, величины поверхностных свойств частично могут характеризовать консистенцию продукта [60].

Рассмотрим влияние нерегулируемых в процессе шприцевания факторов, которые косвенно влияют на качество фарша в предыдущих или последующих технологических стадиях, и регулируемых факторов, которые влияют на СМС фарша вареных колбас.

1.2.2. Параметры процесса шприцевания, влияющие на

характеристики качества фарша вареных колбас

Общая схема производства колбасных изделий включает в себя четыре основных этапа: посола, тонкого измельчения, перемешивания и шприцевания.

Правильное соблюдение параметров процесса приготовления колбасного фарша в дальнейшем влияет на качество готового продукта.

Продолжительность созревания измельченного мяса при посоле зависит от [60,49]: физико-химических свойства (скорости и равномерности распределения соли; термического состояния сырья; степени измельчения; температуры окружающей среды) и биологические свойства. В свою очередь продолжительность созревания мяса влияет на изменение физико-химических свойств [60]: ВПС фарша увеличивается за счет соли, которая проникает в мясо в процессе посола и образует комплекс белок-соль, осмотическое давление которого выше давления внешнего раствора. Комплекс белок-соль хорошо поглощает воду и удерживает ее; повышаются в два раза адгезионные свойства за счет накопления солерастворимых белков в фарше; ВУС фарша увеличивается за счет поглощения влаги белком коллагеном; потери массы уменьшаются, а коэффициент выхода продукта увеличивается за счет увеличения влагопоглощаемости и повышения содержания связанной воды в мясе в процессе посола; органолептические свойства - вкус, аромат, сочность, консистенция улучшается.

Степень измельчения мяса [20, 60, 131] влияет на консистенцию, товарный вид, выход колбасных изделий [45, 66] и СМС [57, 60]. Тонкое измельчение фарша может привести к разрушению эмульсии вследствие увеличения поверхности жировых частиц до предела, при котором водно-белковая фаза не может удерживать их в состоянии эмульсии [45, 60, 66].

На (Рис. 1.1, а) показано изменение предельного напряжения сдвига θ_0 мяса от кратности измельчения на мясорубке с решеткой с отверстиями диаметром 3 мм. При измельчении растет поверхность F частиц, что приводит к увеличению адсорбционно-связанной воды. В начальный период уменьшаются значения θ_0 из-за увеличения поверхности раздела частиц и выделения влаги. В дальнейшем θ_0 , F и связываемость содержащейся влаги возрастают [57].

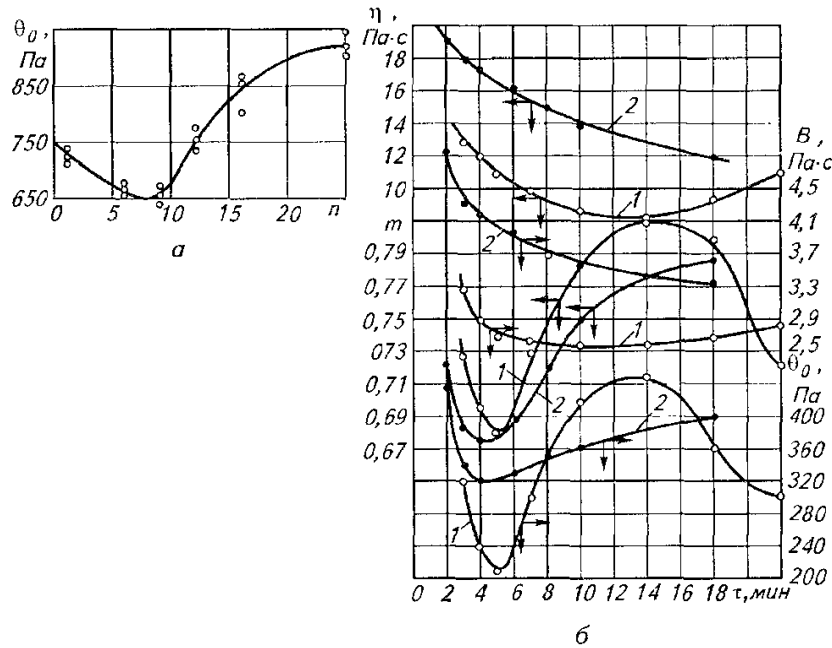


Рис. 1.1. Зависимость СМС мяса (а) и колбасного фарша (б) от продолжительности его измельчения на куттере: 1 - сосисок; 2 - вареной колбасы [57].

Изменение СМС (θ_0 , η , $\eta_{эф}$) колбасного фарша при его измельчении на куттере приведено на (рисунок 1.1, б) [57]. Существует две подобные группы кривых: θ_0 и m , η и B . Наибольшие изменения претерпевают θ_0 и m , которые в фарше для сосисок достигают минимального значения за 5 мин обработки. В дальнейшем θ_0 и m растут до максимальных значений при $\tau = 14$ мин. Менее интенсивно уменьшаются η и B . Их минимальное значение достигается при $\tau = 14$ мин [57]. Причиной таких изменений является изменение рН среды от степени измельчения мяса.

После шприцевания колбасного фарша в оболочку происходит изменения структурно-механических свойств, что в дальнейшем могут повлиять на его качество при тепловой обработке. Для восстановления СМС фарша необходимо ему дать «отдых» - выдержка с целью восстановления структуры [66, 131]. На (Рис. 1.2, а) показано влияние продолжительности выдержки на СМС фарша [131].

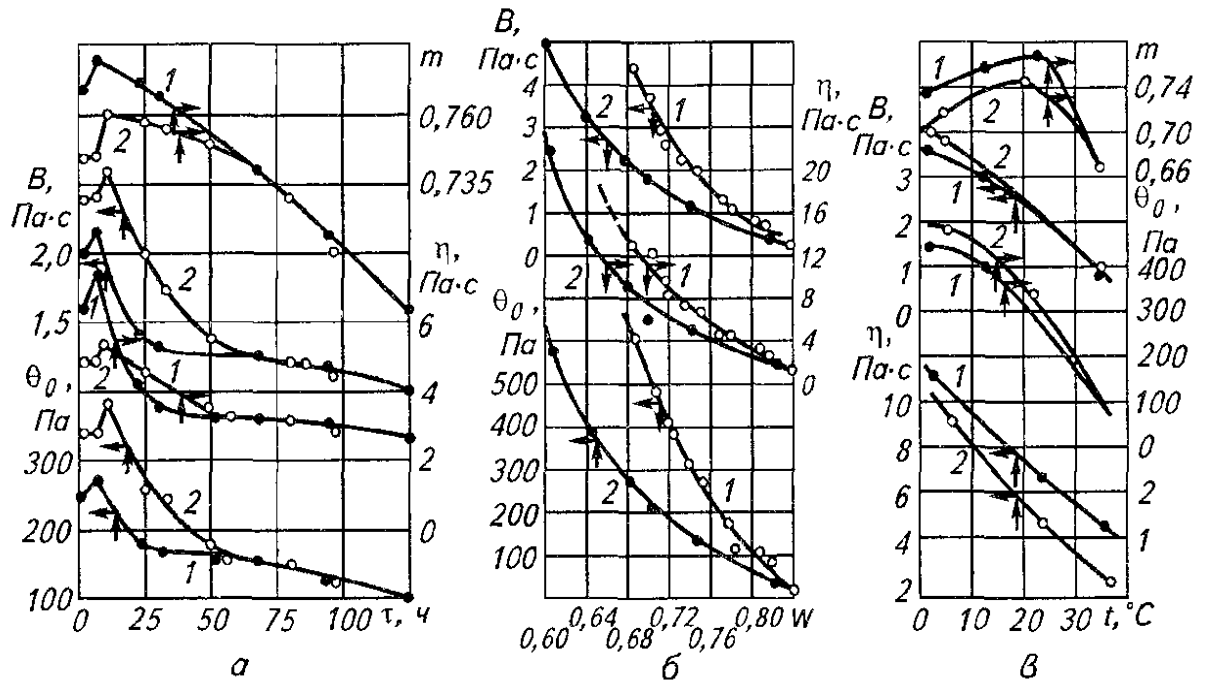


Рис. 1.2. Зависимость изменения СМС колбасных фаршей:

а - от продолжительности созревания; б - от влажности; в - от температуры;

1 - фарш сосисок; 2 - фарш вареной колбасы [57]

Согласно исследованиям [20, 57, 131], впервые 2...3 ч свойства почти не меняются. При выдержке от 6 до 10 ч все показатели (θ_0 , η , B , m) возрастают до максимума. Дальнейшая выдержка вызывает уменьшение всех показателей, что объясняется понижением прочности структуры под действием биохимических и микробиологических процессов.

Давление, при котором фарш вытесняется в оболочку (давление шприцевания) - это важный фактор, характеризующий степень заполнения оболочки фаршем [58, 74], который влияет на сжимаемость структуры, плотность набивки фарша [9, 20, 21, 57, 60, 131], распределение газовой фазы по всему объему фарша [11, 13] и изменение СМС (сдвиговых) характеристик [20, 131]. При увеличении давления значения СМС повышаются (относительная деформация, объемная деформация, эффективное напряжение сдвига) [20, 57, 131], кроме пластической вязкости, которая не зависит от давления [20].

Под действием давления происходит переориентация частиц в структуре колбасного фарша, что приводит к более компактной их упаковке с одновремен-

ной объемной деформацией [20, 57, 60, 131]. Число и объем воздушных полостей сокращается [57], остальные - деформируются [60], происходит изменение размера частиц оболочек гидратов [20, 131] перераспределение жидкости между частицами и дисперсионной средой [20, 57, 131], или ее незначительное выделение из структуры [58, 60] за счет снижения ВУС [58]. Такой механизм действия давления ведет к укреплению связей между частицами, то есть прочность структуры увеличивается, и для разрушения системы требуются более интенсивные внешние воздействия [20, 57].

Величина давления шприцевания регулируется изменением соотношения скорости истечения фарша из цевки и движения оболочки [60]. Если давление шприцевания менее 0,3 МПа, то эмульсия дает дополнительную усадку, если набивка превышает 2,5 МПа, то колбасная оболочка может лопнуть во время тепловой обработки [9].

Наличие в порах и капиллярах мясного сырья газовой фазы (воздуха) [11, 13, 45, 88], которая может находиться в свободном состоянии - с образованием отдельных пузырей и пустот [13, 45], или растворенном состоянии - по всему объему продукта [13], негативно влияет на [6, 10, 13, 44, 45, 64, 152, 157, 158, 159, 168, 171, 172, 174, 177]: цвет; вкус; консистенцию; стабильность липидной фракции; окисление; брожение; микробное загрязнение; срок хранения.

Для удаления (снижения) газовой фазы в сырье и готовых продуктах используют вакуумирование - деаэрацию [6, 10, 11, 12, 13, 25, 33, 42, 43, 44, 57, 60, 66, 68, 92, 123, 124, 156, 157, 167, 170, 178], которая положительно влияет на: цвет; текстуру; созревание продукта; сроки его хранения; снижение окислительных процессов в жировой ткани, а также бактериальное обсеменение; улучшение реологических характеристик продукта; ВУС; повышение плотности батона.

Основные этапы вакуумирования фарша происходят в процессах [13, 152]: измельчения; перемешивания; куттерования; шприцевания. Вакуумирование при шприцевании используется для удаления воздуха, который попадает в фарш на первых стадиях производства фарша. Условия вакуумирования для от-

дельных видов фарша индивидуальны [44], по данным [121] вакуумирование проводят под давлением до 0,09 МПа.

Основные операции, которые влияют на концентрацию газовой фазы в фарше [10]: измельчение [60, 66] сырья на волчке (рост с 3,00 до 4,61% об.); смешивание компонентов рецептуры [60, 66] (рост с 4,75 до 5,80% об.); тонкое измельчение на куттере (рост при куттеровании до 8,62% об.; уменьшение после вакуумного куттерования до 1,82% об.); шприцевания [60, 66] в режиме вакуумирования и без него (вакуумное шприцевание удаляет до 53,7% воздуха чем без него).

Количество фарша в процессе шприцевания контролируется скоростью истечения фарша из цевки, линейной скоростью движения оболочки [45, 60] и диаметром оболочки [45]. Натяжение оболочки при шприцевании неодинаково, поэтому и степень набивки фарша неодинакова. Кроме того, отдельные отрезки оболочки имеют разную массу, поскольку сама оболочка по всей длине имеет неодинаковый диаметр [45].

Количество добавленной воды в процессе куттерования влияет на ВУС фарша. С ее увеличением значения основных величин СМС (Рис.1.2, б) уменьшаются [57]. Согласно исследованиям, [20, 131] повышение влажности фарша ведет к утолщению жидкостных слоев дисперсионной среды между частицами, уменьшает концентрацию белков в растворе слоев, снижая их вязкость. В связи с этим прочность структуры и значение сдвиговых характеристик фарша снижаются.

При этом темп разрушения структуры от влажности не зависит и остается постоянным. Одновременно происходит развитие встречного процесса - увеличение диаметра мышечных волокон благодаря осмотическому перераспределению влаги. Процесс утолщения водных слоев, вызывает снижение прочности структуры, значительно тормозится обратным процессом - отеком мышечных волокон, увеличением их поверхности и связыванием влаги, способствующий росту прочности. Суммарное действие этих процессов дает в результате сравнительно небольшое снижение прочности структуры фарша.

Содержание жира в фарше изучено многими авторами [45, 57, 60, 107, 131, 161]. Содержание жира в фарше не является постоянной величиной, так как его количество колеблется в сырье, но в готовом продукте – должно быть не более чем 35% по ГОСТ 4436: 2005 [54]. Увеличение содержания жира приводит к уменьшению СМС фарша (Рис. 1.3) [57, 59, 131, 161]. Р. Хамм [161] установил, что при увеличении жира в фарше предел текучести и вязкость возрастают при 15°С, а при 30°С снижаются.

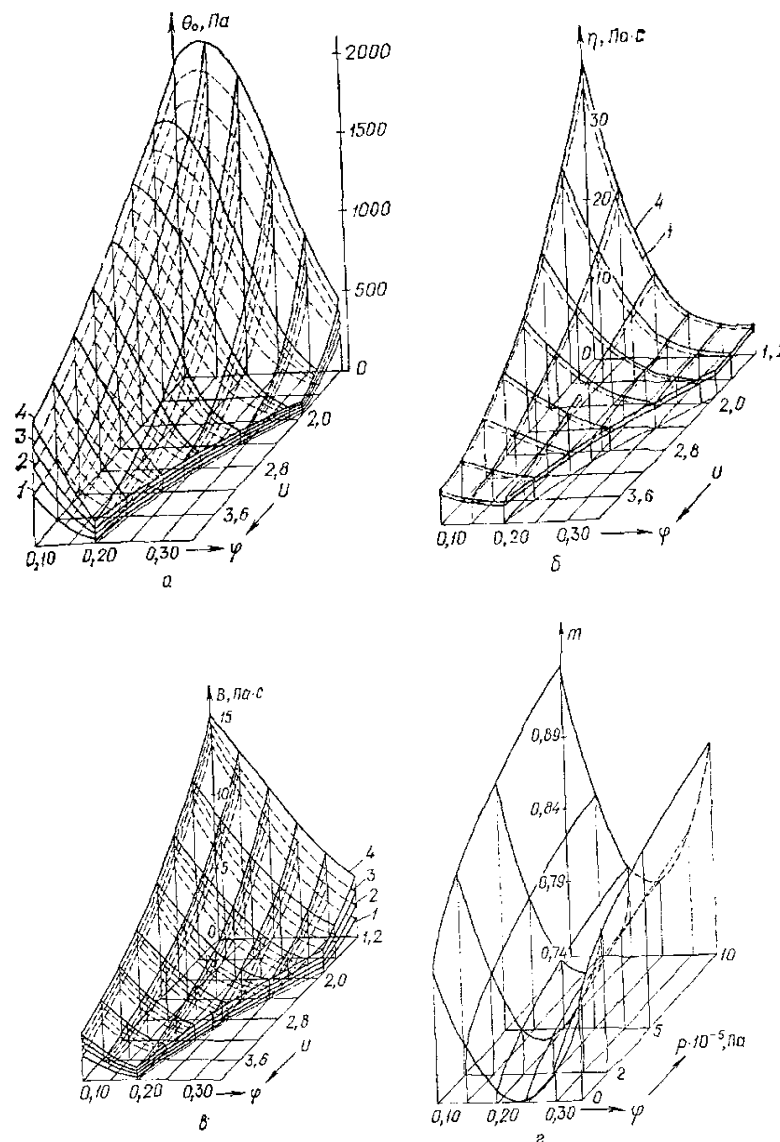


Рис. 1.3. Зависимость сдвиговых характеристик от жирности и влагосодержания: а - предельного напряжения сдвига; б - пластической вязкости; в - эффективной вязкости при единичной скорости; г - темпа разрушения структуры при различных давлениях: 1 - 0; 2 - $2 \cdot 10^5$; 3 - $5 \cdot 10^5$; 4 - $10 \cdot 10^5$ Па [131]

В проведенных исследованиях В.Д. Косой (59) с производственными композициями фарша при температуре 20-22⁰С установил, что при увеличении жирности сдвиговые характеристики (пластическая вязкость η (Па·с) (Рис. 1.2б), эффективная вязкость при единичной скорости B (Па·с) (Рис 1.2в), кроме темпа разрушения структуры, уменьшаются, а предельное напряжение сдвига θ_0 (Па), при малой влажности и жирности 0,10-0,15кг на один килограмм фарша имеет максимальное значение (Рис 1.3а).

Установлено [161], что при 24⁰С жир почти не влияет на реологические характеристики фарша. По данным [20], для свиного жира критической является температура 26,5⁰С, если температура ниже, жир приобретает сплошной пространственный каркас кристаллизационного типа [20].

Одной из особенностей жира является то, что в процессе шприцевания фарша он размазывается по металлической поверхности цевки и по поверхности оболочки, поэтому внешне кажется, что колбаса содержит больше жира, чем мяса [45]. В работе [45] приведен пример попытки замены металлической цевки на тефлоновую, но низкий коэффициент трения не дает преимуществ, поскольку фарш прилипает к поверхности этого материала, а не скользит по ней, а также при нарушении тефлонового покрытия приводит к выделению вредного вещества перфтороктановой кислоты, которая вредна для человека.

Влияние концентрации водородных ионов (рН) на сдвиговые характеристики фарша изучалось в работах [20, 21, 57, 107, 131]. Установлено [57, 131], что в интервале значений рН от 3 до 10 наибольшая текучесть фарша (вязкость, предельное напряжение сдвига и др.) достигается близко к рН = 5. Сдвиг рН хотя бы на единицу в сторону увеличения или уменьшения от этого значения может привести к изменению вязкости в 4...5 раз [57, 131]. Уровень рН сырого колбасного фарша составляет 5,4, уровень рН вареного - 5,8 [57].

Температура фарша является важным и достаточно критическим фактором, который в процессе приготовления колбасного фарша влияет на стабильность его эмульсии [9, 20, 21, 57, 60, 107, 111, 131]. Согласно априорной информации температура фарша может варьироваться от +2 до + 20⁰С [20, 131] и при

шприцевания в колбасную оболочку должна быть в диапазоне от +8 до +18°C: $t \leq +12^\circ\text{C}$ [33]; $+10 \leq t \leq +15^\circ\text{C}$ [89]; $+8 \leq t \leq +18^\circ\text{C}$ [111].

Во время шприцевания мясная эмульсия подвергается механическому воздействию: сжатию, трению и давлению, что вызывает повышение ее температуры [9]. Превышение уровня + 18°C на шприце может привести к изменению физико-химических показателей фарша: снижению реологических характеристик [20, 93, 131, 151] (Рис. 1.1, в) - (снижению эмульгирующей и ВУС, появление рыхлости, бульонных и жировых отеков в готовом изделии [91, 126]), разрушению белковой структуры [20, 93, 131, 151] за счет ее денатурации [66, 91, 126]. В комплексе с жидкой и газовой фазами фарша увеличение уровня температуры +18°C [155, 164] приводит к росту патогенных микроорганизмов [60, 158, 164, 166], что приводит к порче фарша [164, 174].

Чрезмерное снижение температуры [111] также приводит к изменению физико-химических показателей: замедление окисления жирных кислот [178]; уменьшению степени диспергирования жира, что отрицательно влияет на ЖУС, замедляет развитие процесса цветообразования [91]; и микробиологических показателей: снижению роста патогенных микроорганизмов [163, 164, 165, 174].

1.3. Оборудование для шприцевания колбасных изделий

Шприцевание осуществляется под давлением в специальных машинах - шприцах [10, 15, 141, 110], которые работают по принципу насосов [32, 65, 141].

Шприц состоит из бункера для приема фарша, вытеснителя, цевки, привода и механизмов, обслуживающие вытеснитель [12, 34, 96], причем в шприцах периодического действия резервуар для приема фарша совмещен с вытеснителем [96]. В некоторых конструкциях шприцов есть специальные дозирующие устройства [23, 96, 145].

Общая классификация шприцов:

- по принципу работы: универсального или специального назначения [96];

- в зависимости от характера цикла работы (по принципу выдачи фарша): периодического и непрерывного действия (табл. 1.2) [9, 12, 15, 32, 34, 65, 96].

Таблица 1.2

Типы шприцов [91]

Тип шприцов		Особенности	Назначение
Периодического действия	Пневматические	Высокое давление вытеснения	Грубоизмельченные мясные эмульсии
	Гидравлические		
Непрерывного действия	Механические	Быстродействие, высокая производительность	Эмульсии сосисок, сарделек, вареных колбас

- по принципу действия: пневматические [15, 74, 91], гидравлические [12, 15, 74, 91] и механические шприцы [12, 15, 74, 91];

- по принципу выполнения: открытого [12] или вакуумного типа [12, 157];

- по типу вытеснителя (рисунок 1.4): шнековые [9, 12, 20, 34, 38, 82, 96, 119, 152], винтовые [9, 12, 38, 47, 96, 125, 157, 152, 147], поршневые [9, 12, 20, 34, 38, 96, 152, 157], роторные (пластинчатые, шибберные, по ранней классификации - эксцентриково-лопастные) [9, 12, 20, 34, 38, 47, 96, 119, 152, 153, 154, 157], шестеренные [9, 20, 38, 96], центробежные [96] (Рис. 1.4); роторные [12] (Рис. 1.5).

- от расположения оси приводного вала: вертикальные или горизонтальные [145];

- по количеству цилиндров: одноцилиндровые, многоцилиндровые [145];

- по количеству цевок: одно - и многоцевковые [12, 34].

В состав шприцов входят механизмы: вытеснительные, дозирующие, герметизирующие, приводные, подающие, загрузочные [38].

Шприцы периодического действия. Шприцы периодического действия с поршневым вытеснителем могут быть с механическим [38], пневматическим, гидравлическим [9, 12, 32, 65, 154] и с ручным приводом [38, 96].

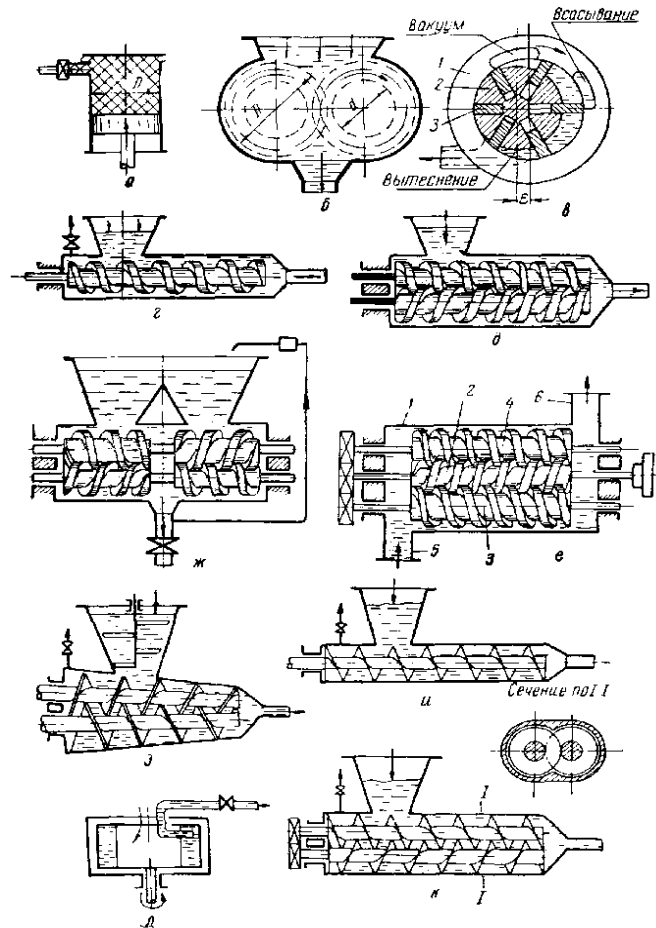


Рис. 1.4. Кинематические схемы вытеснителей шприцов [96]: а - поршневые; б - шестеренные; в - пластинчатые; г - ж- с цилиндрическим винтом; з - с коническим винтом; и – одношнековый; к - двухшнековый, л – центробежный

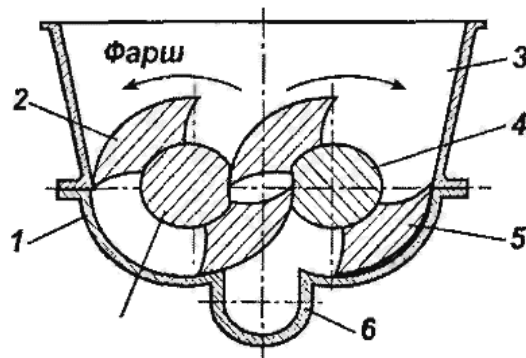


Рис. 1.5. Кинематическая схема [12, 15] роторного шприца непрерывного действия: 1 - корпус; 2, 5 - роторы; 3 - бункер; 4, 7 - валы ротора; 6 – цевка

Они просты по конструкции, надежны в работе и применяются в небольших производствах [9, 96]. Продуктивность поршневых шприцов определяется по формуле (1.1) [145]:

$$Q = 60\alpha \frac{\pi D^2}{4T} H\rho, \quad (1.1)$$

где: α - коэффициент заполнения цилиндра шприца фаршем ($\alpha = 0,8 - 0,95$);

D - внутренний диаметр цилиндра, м;

H - высота цилиндра, м;

ρ - плотность фарша, кг/м³;

T - полная продолжительность цикла шприцевания (включая вспомогательные операции), мин.

Шприцы с ручным приводом (Рис. 1.6) применяют при малой вместимости цилиндра (от 6 до 12 л), предназначенные для предприятий малой мощности [38]. Они могут быть с поворотным, выдвижным или с вертикальным цилиндром и откидной крышкой [96].

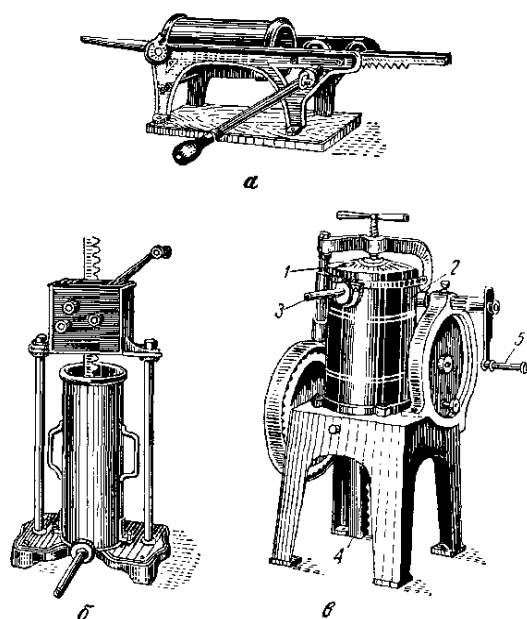


Рис. 1.6. Поршневые шприцы с ручным приводом: а - с поворотным цилиндром; б - с выдвижным; в - с вертикальным цилиндром и откидной крышкой [96]

Поршневые механические шприцы изготавливают вместимостью 0,01...0,05 м³ при скорости подъема поршня от 4 до 6 мм/с. Механический (электромеханический) шприц состоит из цилиндра 1 (Рис. 1.7) поршня 2 с рейкой 3 и откидной крышки 4. Рабочее движение передается поршню от электродвигателя 5, через ременную передачу 6, фрикционную муфту 7, которая включается педалью 8, шестерни передачи 9, 10, 11 и 12 и рельсовую шестерню 13 [38, 96].

Механические шприцы имеют выше КПД передачи и скорость опускания поршня, чем поршневые шприцы с ручным приводом, но большое количество деталей, которые быстро изнашиваются, и необходимость опускания поршня вручную сводит на нет их преимущества [96].

Поршневые гидравлические шприцы (Рис. 1.8) бесшумны в работе, имеют мало деталей, но быстро изнашиваются, труднее механических и отличаются меньшим КПД передач и меньшей удельной производительностью [96] по сравнению с механическими шприцами.

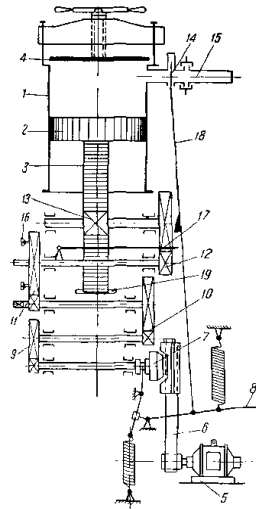


Рис. 1.7. Кинематическая схема механического шприца периодического действия [96]

Гидравлические поршневые шприцы являются наиболее распространенными [12], просты по устройству, надежны в работе [12] и обеспечивают бесступенчатое регулирование давления и расхода вытесняемой массы. [34, 38].

Недостатки - снижение скорости истечения фарша с увеличением числа струй, под поршнем накапливаются частицы фарша, загрязненного микрофлорой [12, 34].

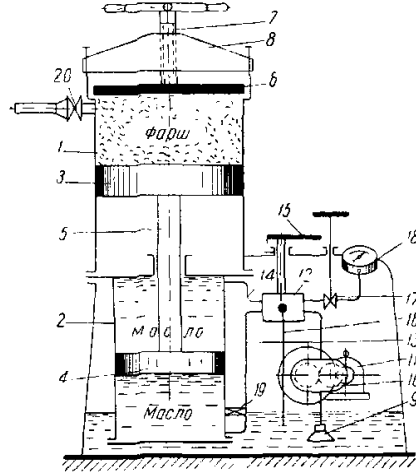


Рис. 1.8. Кинематическая схема поршневого гидравлического шприца периодического действия [96]

Шприцы с пневматическим приводом наиболее простые [38], так как состоят из вертикального цилиндра 1 (Рис. 1.9), внутри которого свободно движущийся поршень 2. Цилиндр закрывают крышкой 3, подвешенной к шпинделю 4, установленному на траверсе 5 [96]. Вместимость цилиндра таких шприцев не превышает 50 л.

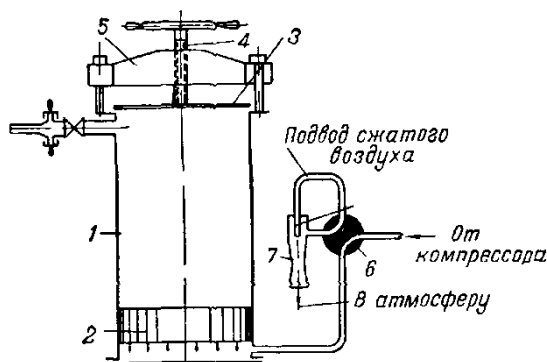


Рис. 1.9. Кинематическая схема пневматического поршневого шприца периодического действия [96]

Преимущества: универсальность - возможность использования фарша любой характеристики; загрузка может быть механизированной или ручной; можно регулировать скорость истечения фарша; разборку, сборку и промывание их водой можно выполнять без особых трудностей; уплотнение фарша, подаваемого в оболочку, может осуществляться без дополнительных устройств, в результате чего исключается попадание воздуха в фарш [96].

Недостатки: периодичность работы, необходимость полной разборки шприца для очистки подпоршневого пространства цилиндра фарша, низкий КПД передач; сравнительно большая масса и большие размеры, скорость истечения фарша лимитируется скоростью подачи поршня или давлением сжатого воздуха [96].

Пневматические и гидравлические шприцы обеспечивают высокое давление вытеснения, в связи, с чем их применяют преимущественно для формирования грубоизмельченных эмульсий копченых колбас [15, 91].

Таким образом, поршневые шприцы являются универсальными машинами периодического действия. На них можно перерабатывать фарши любой консистенции: от самых текучих до вязких [38]. В поршневых шприцах фарши наиболее полно сохраняют свои первоначальные физические свойства, поскольку они подвергаются равномерному объемному сжатию [38, 96] (нормальное напряжение) и не испытывают сдвиговые напряжения. Из-за сохраняется и пространственное распределение включений в фарш (кубики шпика, мяса и др.) [38].

Поршневые шприцы выпускают с рабочим объемом (л) цилиндра 6, 12, 15, 25, 40, 50 и 70, давление, создаваемое в фарше, составляет 1,4 ... 2,5 МПа [38]. К недостаткам поршневых шприцев следует отнести периодическую работу [38], которая зависит от времени, затрачиваемого на выполнение вспомогательных и основных операций (машинное время) [9]. Продолжительность шприцевания зависит от скорости истечения фарша с цевки, что, в свою очередь, зависит от давления шприцевания и свойств фарша [9, 15].

Шприцы непрерывного действия. Шприцы непрерывного действия имеют более высокую производительность, чем шприцы периодического действия.

Их можно легко приспособить для непрерывно-поточной организации производственного процесса [9, 12, 96].

Наиболее распространенными шприцами непрерывного действия являются роторные и шнековые [34, 60]. При любом способе вытеснения фарша в него попадает воздух, то есть структура готового продукта получается пористой [34]. Для предотвращения этого дефекта шприцы непрерывного действия обычно работают под вакуумом [34]. Вакуумное оборудование лучше применять на всех стадиях приготовления фарша: при измельчении, смешивании, формовании изделий [157], при этом уменьшается расход оболочки [34] благодаря плотному заполнению [34, 157].

Шприцы роторные (с пластинчатым вытеснителем) находят широкое применение в мясной промышленности [60]. Использование пластинчатого вытеснителя создает в продукте нормальное объемное напряжение, что не влияет на физические свойства фарша [38] и позволяет обрабатывать все виды фарша с высокой степенью его перетираания [34], благодаря чему мясной сок почти не отжимается [38, 152], подача фарша осуществляется с постоянным давлением и производительностью, которая определяется по формулам (1.2-1.3).

Производительность ротационных лопастных шприцев определяют исходя из объема занимаемого фарша в свободном пространстве между ротором, который вращается и корпусом, а так же скоростью вращения ротора.

Если пренебрегать толщиной лопастей ротора, то производительность ротационно-лопастного шприца будет равна [145]:

$$Q = 60\alpha \frac{\pi(D^2 - D_1^2)}{4} Ln\rho, \text{ кг/час.} \quad (1.2)$$

где: α - коэффициент подачи фарша в шприц, ($\alpha = 0,5-0,8$),

D - внутренний диаметр корпуса шприца, м;

D_1 - внешний диаметр ротора, м;

L - ширина (длина) ротора, м;

n - число оборотов ротора в минуту;

ρ - плотность продукта, кг/м³.

А.И. Пелеев предлагает следующую формулу для определения производительности эксцентриково-лопастного шприца [145]:

$$M_0 = 60\varphi\varphi_0\varepsilon(\pi D + \pi d - 2\tilde{n}z)bn, \text{ м}^3/\text{час.}, \quad (1.3)$$

где: M_0 – максимальная возможная объемная производительность, м³/час;

φ - коэффициент подачи;

φ_0 - коэффициент уменьшения объема за счет сжатия фарша под давлением нагнетания;

ε - величина эксцентриситета установки барабана, м;

D - диаметр выточки в корпусе, м;

d - диаметр барабана, м;

c - толщина лопасти, м;

z - число лопастей;

b - ширина лопасти, м;

n - количество оборотов барабана в минуту.

При применении вакуумной системы в роторных шприцах исключается образование пустот в фарше [145].

Пластинчатый вытеснитель (Рис. 1.10) состоит из корпуса, эксцентрично установленного в нем барабана с радиальными пазами [38, 96], в которых установлены лопатки, которые специальным механизмом прижимаются к внутренней поверхности корпуса, скользя по его пазам, вращаясь вместе с барабаном [96].

Барабаны по расположению оси могут быть вертикальные и горизонтальные; по числу оборотов – тихоходными, быстроходными [96]; по числу циклов - однократного, двойного и многократного действия [30]. В машинах однократного действия за один оборот вала происходит один полный цикл работы, включающий процесс всасывания и процесс нагнетания [30]. В машинах двойного действия за один оборот вала происходят два полных цикла работы, в машинах тройного действия - три цикла и т.д. [30].

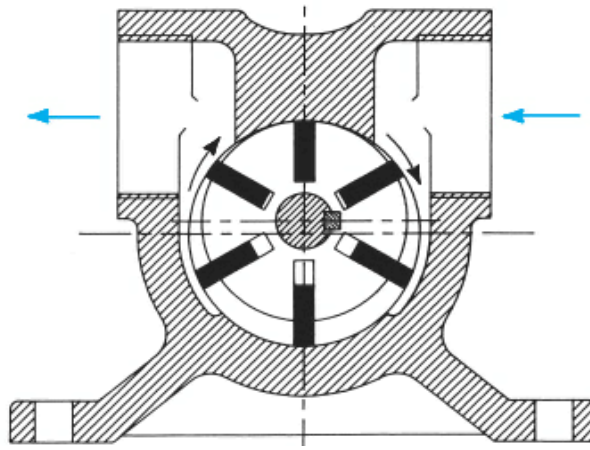


Рис. 1.10. Пластинчатый вытеснитель

При вращении ротора в каждой из камер насоса последовательно происходят следующие рабочие процессы [30]:

1. Процесс всасывания рабочей жидкости происходит при увеличении объема камер, причем всасывание рабочей жидкости определяется разрежением, возникающим при увеличении объема камеры (имеется в виду работа насоса при его установке выше уровня рабочей жидкости в баке).

2. Процесс переноса рабочей жидкости в камере из полости всасывания в полость нагнетания, когда объем рабочей жидкости в камере сначала изолируется от полости всасывания, а затем соединяется с полостью нагнетания; при этом пластины перемещаются по участку профиля статора, соответствующего большому постоянному радиусу.

3. Процесс нагнетания рабочей жидкости происходит при уменьшении объема камер.

4. Процесс переноса рабочей жидкости в камере из полости нагнетания в полость всасывания, когда объем рабочей жидкости в камере сначала изолируется от полости нагнетания, а затем соединяется с полостью всасывания; при этом пластины перемещаются по участку профиля статора, соответствующего малому постоянному радиусу.

Указанные в значительной степени вызывают неравномерность подачи и шум при работе насоса [30].

Основные преимущества роторных шприцев: низкая удельная энерго- и металлоемкость при высоком качестве получаемого готового продукта [153, 154]; большая производительность при относительно небольших габаритах [47]; возможность вертикального исполнения, исключает наличие застойных зон [47]; применение различных типов кулачков [47]; длительная работа без продукта по сравнению с другими видами [47]; возможность регулирования производительности шприца путем изменения числа оборотов [96]; легкая разборка механизма для мытья и чистки [96]; высокие коэффициенты подачи и полезного действия [96].

По сравнению с шестеренчатыми, пластинчатые насосы обеспечивают более равномерную подачу, а по сравнению с поршневыми - проще по конструкции, дешевле, меньше по габаритам [30].

Основные недостатки: все характеристики зависят от степени износа рабочих органов вытеснителя и меняются в процессе работы [60]; пластины вытеснителя соприкасаются с корпусом по небольшим поверхностям при существенной величине промежутка, и обуславливают неудовлетворительную работу насоса в области высоких давлений [60]; значительное трение лопастей по внутренней поверхности корпуса, нагрев их и износ [60, 96], в результате чего образуется металлическая пыль, которая может попасть в фарш; возможно перетирание фарша [96]; применение только в сочетании с вакуумным куттером [33].

При сравнении основных технических параметров оборудования для наполнения колбас [141] было установлено, что среди пластинчатых шприцев вакуумный шприц марки ICS 201 ВТХ фирмы Omet (Италия) получил высокую оценку качества ($K_0 = 1,01$): при наличии большой производительности шприц имеет небольшую удельную мощность и удельную занимаемую площадь. Высокую единичную оценку, близкую к базовому образцу получили шприцы: производитель HTS (Австрия) - 0,998; марка ICS 201 I Omet (Италия) - 0,964 и шприц марки RS 205 фирмы Risco (Италия) - 0,941. Эти шприцы имеют небольшую удельную мощность, но очень большую удельную занимаемую площадь, указанный показатель повлиял на комплексную оценку качества.

Шестеренные вытеснители (Рис. 1.4, б) подавая фарш в цевку почти равномерно, обеспечивают непрерывный цикл работы шприцев [38], поэтому выдачу фарша можно регулировать путем изменения числа оборотов шестерен [96]. Применяют вытеснители с внешним и внутренним зацеплением зубчатых колес [38].

Производительность шестеренных шприцев определяется по формуле (1.4) [96].

$$M_o = 15\pi\varphi n(D^2 - d^2)b, \text{ м}^3/\text{час.} \quad (1.4)$$

- где: D - внешний диаметр шестерни, м;
 d - внутренний диаметр шестерни, м;
 b - длина зуба шестерни, м;
 n - число оборотов шестерен, об/мин;
 φ - коэффициент подачи вытеснителя.

Шестеренные вытеснители просты и надежны в работе [38], но в зоне контакта зубов возникают высокие давления, которые приводят к деформации [96], перетиранию и нагреву фарша [38], это обусловлено тем, что разрежение, создаваемого рабочими шестернями, крайне малое при значительных площадях трения [96]. Шестеренные вытеснители характеризуются достаточно низкими коэффициентами подачи и полезного действия [96], поэтому этот тип вытеснителей получил в шприцах ограниченное применение [38].

Шнековые вытеснители широко используют в шприцах [38]. В качестве рабочей части имеют один или два шнека (Рис. 1.4, и, к), установленные в кожух [38, 96]. Фарш продвигается по шнеку за счет значительной вязкости его и достаточного количества витков шнека. Шнеки с большим шагом нарезки не используются, поскольку в них развивается обратный поток, который подвергает фарш дополнительным деформациям, снижает его качество и увеличивает нужную мощность системы [20].

Шнековые шприцы в основном предназначены для работы с мясными эмульсиями вареных колбас, сосисок и сарделек [15, 34, 91].

Их основные преимущества [20, 38]: обладают компактностью; непрерывным характером работы; универсальностью применения; высокими эксплуатационными показателями; оказывают незначительное влияние на начальные свойства фаршей.

В шнековых вакуумных шприцах (Рис. 1.11) фарш подается в оболочку через рабочий цилиндр со шнеком 7. Фарш загружают в шприц через бункер 6. Шнеком фарш нагнетается в цевку 9. Шприц обеспечен вакуум-насосом, который создает разрежение в рабочем цилиндре, благодаря чему фарш получается без пустот.

Производительность шнековых шприцов определяется по формулам (1.5-1.6).

$$Q = \lambda \frac{15\pi}{\cos \alpha} (D^2 - d^2) \cdot SKn\rho, \text{ кг/час}, \quad (1.5)$$

где: λ - коэффициент подачи фарша (0,5-0,65);

α - угол подъема винтовой линии шнека, град;

D - внешний диаметр рабочей части шприца, м;

d - внутренний диаметр рабочей части шприца, м;

S - шаг винта (шнека), м;

K - коэффициент увеличения ширины впадины ($K = 1,075$);

n - число оборотов шнека в минуту;

ρ - плотность продукта, кг/м^3 ($\rho = 1,05$).

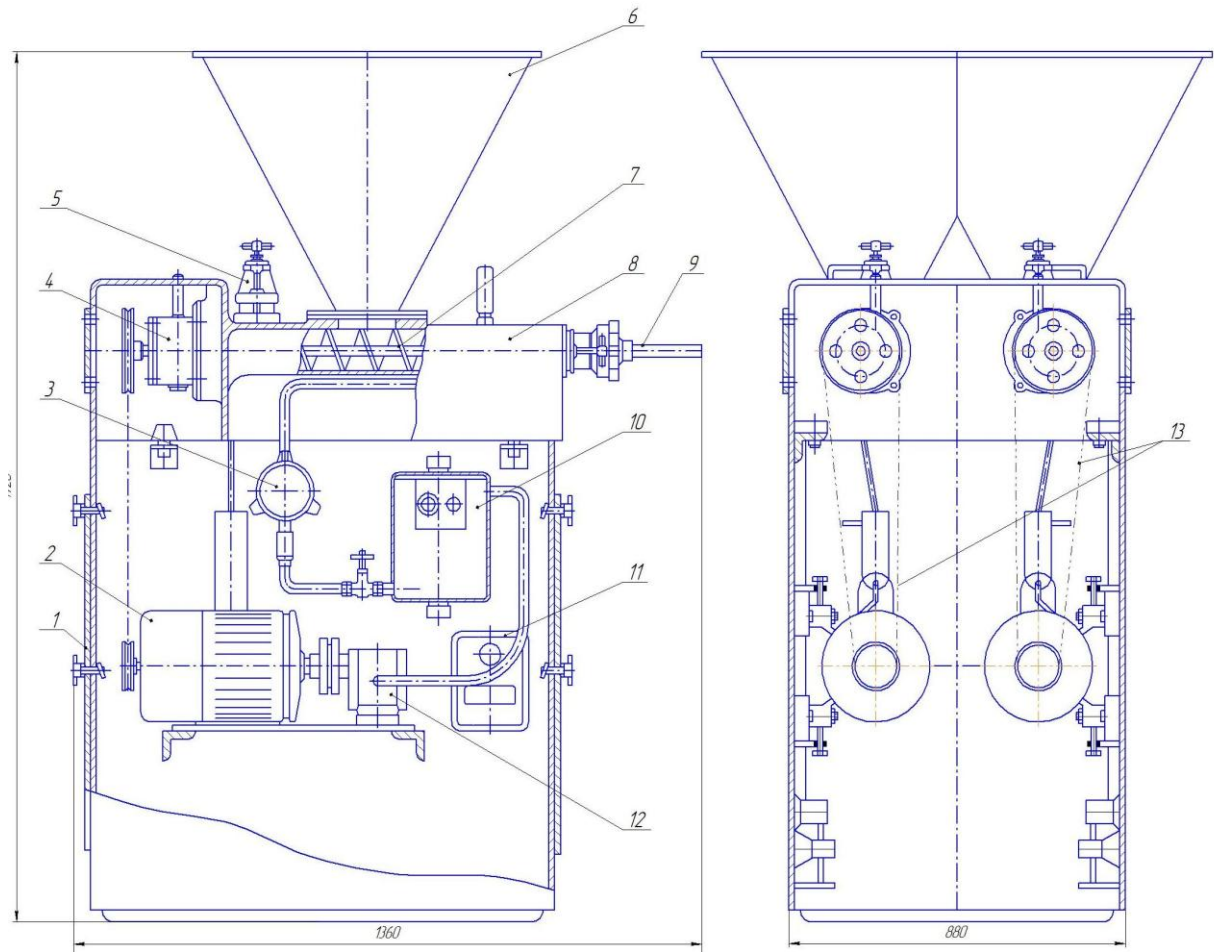


Рис. 1.11. Вакуумный шприц непрерывного действия: 1 - станина; 2 - электродвигатель; 3 - отстойник; 4 – редуктор; 5 – вакуумная головка; 6 - бункер; 7 – шнек; 8 - головка рабочих цилиндров; 9 – цевка; 10- масляный бак; 11 – магнитный пускатель; 12 – масляный насос; 13 – цепная передача

Объемная производительность винтового или шнекового питателя определяется по методу Шенкеля по формуле [96, 145]:

$$M_0 = \pi D h z \varphi_0 \left[0,5 K K_1 (t - n_0 l) \cos^2 \varphi \frac{K_2 h^2 p \cdot \sin^2 \varphi}{12 L \eta} \right], \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.6)$$

где: D - внешний диаметр винта или шнека, м;

h - глубина нарезки, м;

z - число винтов или шнеков;

φ_0 – коэффициент учитывающий уменьшение производительности за

счет контакта винтов или шнеков;

K - коэффициент ($K = 0,5-0,7$);

K_1 - коэффициент ($K_1 = 0,6-0,8$);

t - среднее значение шага нарезки винтовой линии, м;

n_0 - заход винта;

l - средняя толщина гребня винта, м;

φ - угол развертки средней линии нарезки;

K_2 - коэффициент, зависимый от обратного хода продукта ($K_2=0,6-0,8$);

p – давление создаваемое винтом на выходе продукта, Н/м²;

L - длина шнека или винта, м;

η - вязкость транспортируемого продукта, Н·с/м .

Вакуумные шнековые шприцы имеют преимущества [22, 34]: высокую производительность; возможность удалять воздушные пустоты из фарша; которые предотвращают образование отеков; уменьшают расходы оболочки благодаря плотному заполнению.

Согласно нашим исследованиям [141], среди вакуумных шприцов самая высокая комплексная оценка (1,366) установлена для шприца шнековой системы марки Robot HP 15 фирмы Vemag. Она обеспечена показателями удельной занимаемой площади и удельной массы. Однако удельная мощность этого шприца оценена ниже от базового образца. Другой вакуумный шприц со шнековой системой марки ШВ-1 фирмы «Продтехника» имеет в 2-3 раза меньшую комплексную оценку качества по сравнению с базовым образцом. Модель шприца Robot 500 по удельным показателям близка к базовому образцу [141].

Винтовые вытеснители (Рис. 1.4, г,д,ж,з) могут состоять из одного, двух, трех или четырех цилиндрических винтов с прямоугольной резьбой, находящихся в корпусе вытеснителя. Процесс подачи фарша заключается в отсечении винтом или парой винтов определенной порции фарша и продвижения ее к выходу в цевке. При сопряжении винтовых поверхностей с прямоугольной резьбой созда-

ется негерметичное зацепление, при котором масса транспортируемого фарша частично проходит между витками [96].

Засасываемая жидкость поступает в полости, образованные между нарезками винтов и обоймой. Вращением винтов продукция перемещается в камеру нагнетания. Давление, создаваемое насосом, равно давлению в нагнетательной системе. Насос работает бесшумно и отличается достаточной надежностью [96].

Основные преимущества винтовых шприцов [47]: просты в обслуживании, используются для шприцевания фарша с включениями (мясной фарш с грибами, зеленым горошком, ветчиной, маслинами и т.д), оказывают незначительное влияние на колбасный фарш.

Шприцы с центробежными вытеснителями (Рис. 1.4, л), работающими под давлением массы, находящийся в зоне действия центробежных сил [96].

Современные шприцы должны удовлетворять следующим требованиям:

- сохранять структуру и качество фарша [96, 145] (не перетирать мясную эмульсию, особенно жировой компонент [15, 91, 96, 173], что приводит к расслоению продукта [15, 38, 91], появлению рыхлости и бульонно-жировых отеков [157, 173]);

- не нагревать фарш в процессе наполнения [38];

- регулировать давление и скорость истечения фарша [96, 157], а также обеспечить относительно равномерное давление по сечению струи при вытеснении эмульсии [15, 91]. (Наличие разницы давлений в периферической и центральной зонах сопровождается смещением слоев эмульсии относительно друг друга, вызывает появление дефектов [15, 91]. Связь давления со скоростью шприцевания может быть выражено уравнением:

$$P = \beta (K_0 + K_1 \cdot \ln v) \ln \left(\frac{D}{d} \right)^2, \quad (1.7)$$

где P - давление шприцевания, кПа;

β - коэффициент, зависящий от конструкции крышки (для плоской крышки $\beta = 1$, для конической $\beta = 0,8$);

v - скорость истечения, м/с;

K_0 - напряжение (кПа), соответствующее сопротивлению истечения при $v = 1$ м/с;

K_1 – коэффициент учитывающий прирост давления в соответствии с изменением скорости истечения;

D - внутренний диаметр цилиндра шприца, мм;

d - внутренний диаметр цевки, мм.

- не вносить воздух в мясную эмульсию [15, 91, 96], а также смазку, микро-частицы от деталей, которые изнашиваются, и др. [96]. Наличие воздуха вызывает образование пор и пустот [12, 160, 161, 178, 165], что ухудшает консистенцию и текстуру готового изделия, приводит к изменению цвета, катализирует окисление жира [160, 165, 166, 169, 174, 175, 176];

- иметь систему вакуумирования [15, 91, 141], что позволит устранить пористость колбас и дальнейшее образование отеков, улучшить их цвет [15];

- иметь в оснащении наборы из нескольких цевок, порционно-дозировочные устройства (по массе, объему или длине), устройства для навешивания колбасных батонов на транспортные средства [15, 91];

- иметь возможность включения шприца в единую механизированную линию или агрегат непрерывного приготовления фарша и колбасных изделий [96];

- иметь высокую производительность [38, 91, 141, 145] и небольшие удельные затраты мощности [96, 141, 145];

- иметь надежную конструкцию [18, 145];

- иметь легкость при разборке [145] рабочих деталей [96] и доступность для полной очистки и промывки всех участков (санитарно-гигиенические условия [18, 145]), которые сталкиваются с фаршем [96];

- обеспечить полное исключение ручных операций по загрузке, выравниванию и уплотнению фарша [96];

- иметь безопасность в обслуживании [145]. Фарш из вытеснителя в оболочку поступает через цевки - металлическую насадку в виде трубки [12, 156].

Цевки имеют цилиндрическую форму с коническим расширением в месте соединения с вытеснителем. Их подбирают в соответствии с видом и диаметром

колбасной оболочки [12]. В зависимости от диаметра используемой оболочки следует устанавливать цевки с соответствующим диаметром [91]: для узких бараньих черев - 16 мм; для широких бараньих черев - 25 мм; для сарделек - 25-36 мм; для говяжьих черев - 36 мм; узких и средних кругов (№ 1 и 2) - 36 мм; для кругов (№ 3 и 4) - 40 мм; для синюг говяжьих и бараньих - 60 мм.

Цевка должна иметь допустимо короткую длину (длинная цевка сжимает массу колбасы в течение процесса набивки) и иметь наибольшую ширину, так как это приводит к естественному истечению колбасной массы и предотвращает риск отделения воды и жира [157].

Обычно используют одну или две цевки, работающие одновременно. Шприцевание сосисок и сарделек может быть в значительной степени механизировано с помощью специального приспособления - дозатора, соединенного со шприцом. Шприц-дозатор дозирует объем фарша в соответствии с установленным размером сосиски или сардельки, вытесняет фарш в оболочку и закручивает ее [34].

Очень важно исключить попадание воздуха в фарш при набивке оболочки, поэтому в последних конструкциях шприцев применили устройство для отсоса воздуха из цилиндра шприца с помощью вакуум-насоса [145].

Выбор типа шприца обусловлен требуемой производительностью, видом и свойствами формируемого фарша, типом используемой оболочки, необходимой точностью дозирования, желаемым уровнем механизации [15].

1.4. Выводы по разделу

1. Проведен аналитический обзор литературы по вопросам связанных с процессом формирования колбасных изделий.

2. Установлено, что все изменения в фарше обусловлены комплексом факторов, среди которых важная роль отводится развитию микрофлоры, действия химических, биохимических процессов и параметров, влияющих на их изменение: давление, вакуум, температура.

3. Выделены основные преимущества и недостатки оборудования, применяемого для процесса шприцевания, дозировки и формования колбасного фарша в оболочку.

4. Представленный обзор литературных источников показал, что рассмотренные в обзоре примеры использования роторных шприцов не являются универсальными, требуют адаптации с учетом местных условий производства и требований к конечному продукту.

5. Установлено, что использование роторных шприцов, как альтернатива действующим на рынке шприцам, показывает перспективность разработки новых вытеснительных систем и применение их на мясоперерабатывающих предприятиях, и одновременно отсутствие обоснований рациональных режимов проведения технологического процесса шприцевания.

6. Установлено, что для стабилизации процесса шприцевания подходит группа роторных шприцев, которая выбрана нами для дальнейших экспериментальных исследований.

Учитывая выше проведенный анализ современных тенденций технологии производства колбасных изделий и научных представлений о процессах формирования их качественных характеристик, дальнейшее развитие научных исследований должно быть, направлено на определение оптимальных условий проведения процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку с целью повышения качества отечественной продукции по широкому комплексу показателей и их стабилизации. Это позволит производить и поставлять на рынок конкурентоспособную продукцию и удовлетворять спрос на высококачественные колбасные изделия.

Разработка комплексного показателя, позволит в количественной форме обобщить характеристики и показатели качества колбасных изделий, актуальна и целесообразна для стабильного развития рынка.

Основные результаты работы, изложенные в этом разделе, опубликованные в [88, 137, 141].

РАЗДЕЛ 2

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются процессы шприцевания колбасного фарша, основные параметры этого процесса.

Предметом исследования являются характеристики и показатели качества колбасного фарша и колбасы вареной, которые должны отвечать требованиям ДСТУ 4436: 2005 [54].

Для достижения поставленной цели использовали следующие методы исследования: теоретические - анализ и синтез, моделирование, расчетный, качественные; экспериментальные - физические, химические, органолептические, микробиологические; математико-статистические - планирование эксперимента, обработка результатов эксперимента, проверка статистических гипотез.

В качестве методик исследования колбасных изделий взяты: методика определения органолептических, физико-химических, микробиологических показателей. При планировании экстремального эксперимента использован метод Бокса-Уилсона. Приготовление фарша выполняли в производственных условиях на мясоперерабатывающем предприятии согласно ТУ В 15.1-31799640-006-2004 [55] и технологической инструкции [56] на ТУ В 15.1-31799640-006-2004.

Исследования физико-химических и микробиологических показателей колбасного фарша проводились в Донецкой региональной ветеринарной лаборатории.

2.1. Методика исследования качественных характеристик продукта

Колбасные изделия должны отвечать требованиям ДСТУ 4436: 2005 "Колбасы вареные, сосиски, сардельки, хлеба мясные. Общие технические условия [54] и быть изготовлены по ТИ и рецептурам с соблюдением "Правил предубойного ветеринарного осмотра животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов" [101], "Санитарных правил для предприятий мясной промышленности" [112], а также "Инструкции по мойке и профилактической дезинфекции на предприятиях мясной и птицеперерабатывающей промышленно-

сти" [41], утвержденных в установленном порядке.

Структурная схема исследования приведена на рисунке 2.1.

Методы исследования органолептических показателей. Определение органолептических показателей проводили на соответствие требованиям ДСТУ 4436: 2005 [54] с помощью ГОСТ 9959-91 "Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки" [102] по показателям: внешний вид; цвет; вкус; аромат; консистенция и другие с помощью органов чувств специалистами-дегустаторами, которые имеют опыт работы по оценке качества мясной продукции индивидуально или в составе дегустационной комиссии, которая состояла из специалистов колбасного цеха предприятия ООО «Амстор».

Перед подачей на дегустацию пробы кодировали цифрами и делали соответствующие отметки в рабочем журнале к началу дегустации. Оценку образцов проводили по 5-бальной системе [102]: 5 - отличное качество; 4 - хорошее; 3 - удовлетворительное; 2 - плохое; 1 - очень плохое.

Дегустаторы в дегустационных карточках записывали свою фамилию, имя, отчество и бальную оценку каждого оцениваемого показателя, а также суммарную оценку по каждому образцу. Ставили подпись в конце карточки и передавали ее секретарю дегустационной комиссии после окончания дегустации.

Созданная дегустационная комиссия определяла органолептические показатели колбасных изделий (таблица 2.1) по 5-бальной системе [102]: 5 - отличное качество; 4 - хорошее; 3 - удовлетворительное; 2 - плохое; 1 - очень плохое.

Таблица 2.1

Методы исследования органолептических показателей готовой продукции [54, 102]

Наименование показателя	Единица измерения	Метод определения показателя
Внешний вид	балл	Органолептический
Консистенция	балл	Органолептический
Вид фарша на разрезе	балл	Органолептический
Запах и вкус	балл	Органолептический
Форма, размер и товарная отметка (вя- зание) батонов	балл	Органолептический



Рис. 2.1 Структурная схема исследования

Отбор проб проводили согласно требованиям НД. Пробы на дегустацию перед подачей кодировали цифрами, что было зафиксировано в рабочем журнале.

Методы исследования физико-химических показателей представлены в таблице 2.2. Пробы отбирали и готовили согласно ГОСТ 9792 -73 [50], ГОСТ 26929 - 94 [134].

Таблица 2.2

Методы исследования физико-химических показателей

Наименование показателя	Единица измерения	Метод определения показателя
МД белка	%	ГОСТ 25011-81 [84]
МД жира	%	ГОСТ 23042-86 [83]
МД влаги	%	ГОСТ 9793-74 [104] ГОСТ 4288-76 [39]
Температура в толще продукта во время выпуска в реализацию	°С	согласно п.11.7 ДСТУ 4436:2005 [54]

МД влаги определяли по формуле (А.1) по следующей методике: высушивание колбасного фарша в сушильном шкафу при температуре 130°С для определения способности отдавать гигроскопичную влагу.

Для определения МД жира в колбасном фарше использовали формулу (А.2), по выбранному методу с использованием экстракционного аппарата Сокслета (ГОСТ 23042-86 [83]).

МД белка (азота) определяли по формулам (А.3 - А.4) по методу Кьельдаля (ГОСТ 25011-81) [84]. Этот метод основан на минерализации пробы по Кьельдалю, отгонке аммиака в раствор серной кислоты с последующим титрованием.

Содержимое ВПС определяли по формулам (А.5 - А.6) согласно методики М.Б. Когана, которая основана на определении площади пятна от исследуемой пробы и пятна после высыхания фильтра, который свидетельствует о части отпрессовавшейся воды [122].

ВУС и ЖУС фарша определяли по формуле (А.7) по методике Р.М. Салава-тулиной [122] гравиметрическим методом, как разницу между МД воды (жира) в фарше и количеством воды (жира), которая отделилась в процессе термической

обработки.

Температуру в толще измеряли в центре батона термометром электронным с проводом «Замер-1 исп.1» с точностью измерения ± 0.5 °С (Рис. 2.2).



Рис. 2.2 Общий вид электронного термометра «Замер-1 исп.1»

Методы исследования микробиологических показателей (табл. 2.3).

Содержание бактерии группы кишечных палочек (БГКП) и МАФАНМ не должны превышать допустимых уровней установленных МБТ № 5061 [70] и ГСанПиН 8.8.1.2.3.4-000 [27].

Таблица 2.3

Методы исследования микробиологических показателей готовой продукции[54]

Наименование показателя	Единица измерения	Метод определения показателя
Количество МАФАНМ	КОЕ	ГОСТ 9958 -81 [16]
БГКП	КОЕ	ГОСТ 9958 -81 [16]

Для определения микроструктуры колбасного фарша применяли метод гистологического анализа по ГОСТ 19496-93 [86], который состоит из основных этапов: фиксация образцов; подготовка проб к изготовлению срезов тканей; изготовление срезов; расцветка и размещение срезов под покровным стеклом; микроско-

пия готовых препаратов и обработка результатов исследования, изготовление микрофотографий.

Для проведения микроструктурных исследований использовали оптический микроскоп "Mikromed" с фотоокуляром "Orbitor MVE 50". Объектив 20x и 40x, окуляр 10x. Управление фотоокулярном осуществляли с помощью компьютера, где и происходит обработка изображения и его анализ.

Методы исследования структурно-механических свойств фарша с помощью вискозиметра. Структурно-механические свойства определяют поведение продукта в условиях напряженного состояния [109], позволяют связать между собой напряжение и деформации в процессе прикладывания усилий [100] с помощью вискозиметра, согласно методике, описанной в литературе [69, 129, 130, 132].

Экспериментальные исследования образцов проводили в проблемной научно-исследовательской лаборатории кафедры общепромышленных дисциплин ДонНУЭТ с использованием ротационного вискозиметра "Rheotest RN 4.1" (Рис.А.1).

Исследования фарша проводились с помощью измерительной системы конус-пластина с конусом типа "К1" $\varnothing 36/0,3^\circ$. В опытах измерялась деформация сдвига в течение времени при постоянной нагрузке и разгрузке образцов. Постоянное напряжение $\tau_0 = 20$ Па было приложено в начальный момент времени ($t = 0$) и оставалось неизменным в течение $t = 120$ с, а потом - нагрузка снималась, что приводило к релаксации образцов в течение 300 с.

где ε_0 (отрезок OA) – упругая условно-мгновенная деформация, мгновенно возникающая под влиянием приложенного напряжения и мгновенно исчезающая после его удаления;

ε_m (отрезок OC_1) – максимально достигнутая деформация под действием приложенного напряжения;

$$\varepsilon_{y\alpha} = \varepsilon_0 + \varepsilon_{\alpha\alpha};$$

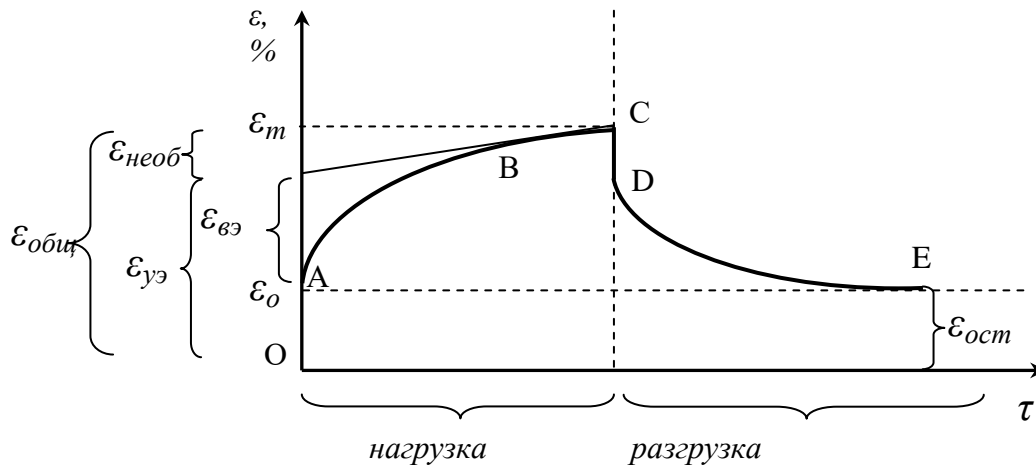


Рис. 2.3 Кривая кинетики деформации исследуемого образца под действием приложенного напряжения (при нагрузке и разгрузке):

$\varepsilon_{уэ}$ (отрезок OB_1) — удельно-эластичная деформация - полностью обратимая относительная деформация:

$\varepsilon_{вэ}$ (отрезок AB_1) — высоко-эластичная деформация - относительная деформация, которая постепенно исчезает после снятия напряжения:

$$\varepsilon_{вэ} = \varepsilon_{уэ} - \varepsilon_0 ;$$

$\varepsilon_{ост}$ (отрезок EO) — остаточная (пластичная) деформация, которая не исчезает после снятия прилагаемого напряжения в течение бесконечно длительного времени,

$$\varepsilon_{ост} = \varepsilon_{пл} = \varepsilon_m - \varepsilon_{вэ}.$$

Экспериментальные данные выражались в виде кривых кинетики деформации (рисунок 2.3). По данным кривых деформации, а также с помощью расчетных формул (А.9 - А.14) находили следующие характеристики: упругость; пластичность; эластичность; модуль эластичности; модуль мгновенной упругости; напряжение на образец; общая деформация.

2.2. Методика проведения экстремального эксперимента

Определение основных параметров вареных колбас проводилось экспериментально в процессе создания фарша на основных технологических этапах: гру-

бое измельчение на волчке WW - 130; тонкое измельчение на вакуумном куттере-мешалке CM T2M-R120; шприцевание на роторном вакуумном шприце Duker REX RVF 760 с эксцентриково-лопастным вытеснителем.

Для рассмотрения процесса шприцевания и выбора оптимальных его характеристик необходимо сравнить разные варианты процесса, учесть и проанализировать влияние огромного числа факторов на параметры изделия, и все это надо делать в ограниченные сроки.

Для проведения активного эксперимента по оптимизации показателей шприцевания использовали роторный вакуумный шприц Duker REX RVF 760 (Рис. 2.4), что дало возможность моделировать процесс шприцевания колбасного фарша и управлять входными факторами, контролируя выходные параметры - критерии оптимальности.

Установили технические возможности шприца, а также качественные характеристики фарша. Проверены, прокалиброваны и подготовлены основные приборы.



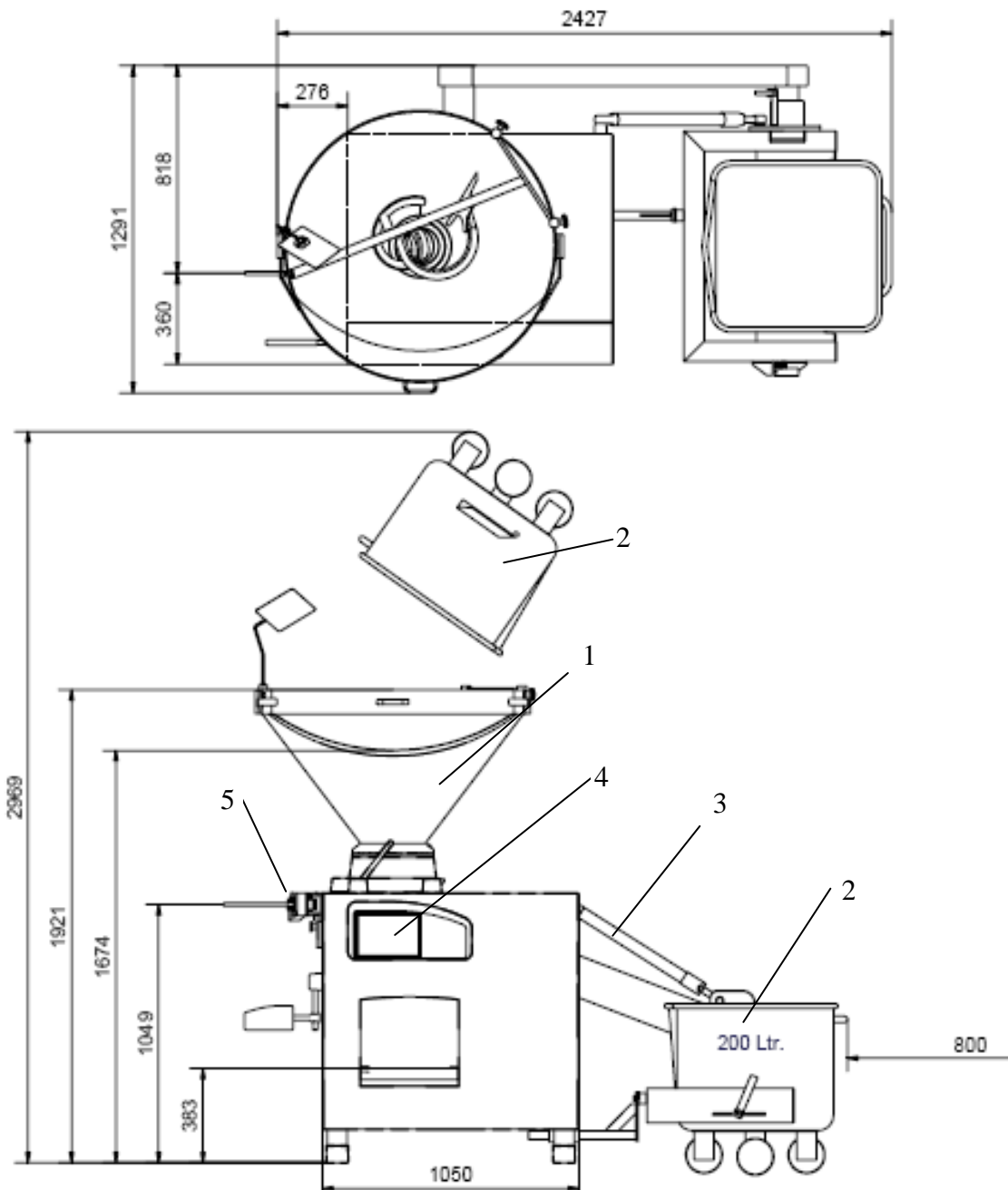


Рис. 2.4. Общий вид и принципиальная схема экспериментального стенда шприца Duker REX RVF 760: 1 - бункер; 2 - транспортная вагонетка; 3 - подъемное переворачивающее устройство; 4 - 12 сенсорный дисплей; 5 - набивочная цевка

Для оптимизации процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку использован метод Бокса-Уилсона, типа 2^k , когда к факторов варьируют на двух уровнях, в соответствии с которым один из этапов технологического процесса

создание готового продукта - шприцевание колбасного фарша представлен в виде "черного ящика" (Рис. 2.5) [142].

На первом этапе исследования допускаем, что ничего не знаем о внутренней структуре исследуемого объекта. Он только меняет входы (уровни управляемых факторов x_i) в черный ящик и регистрирует реакцию (отзыв) параметров оптимизации (выходящих параметров) y_i .

Следовательно, одним из основных заданий эксперимента является установление закономерностей между входными параметрами x_i и выходящими y_i параметрами оптимизации и воссозданием их в виде регрессионной математической модели [1,19], для дальнейшего использования в управлении исследуемыми процессами.

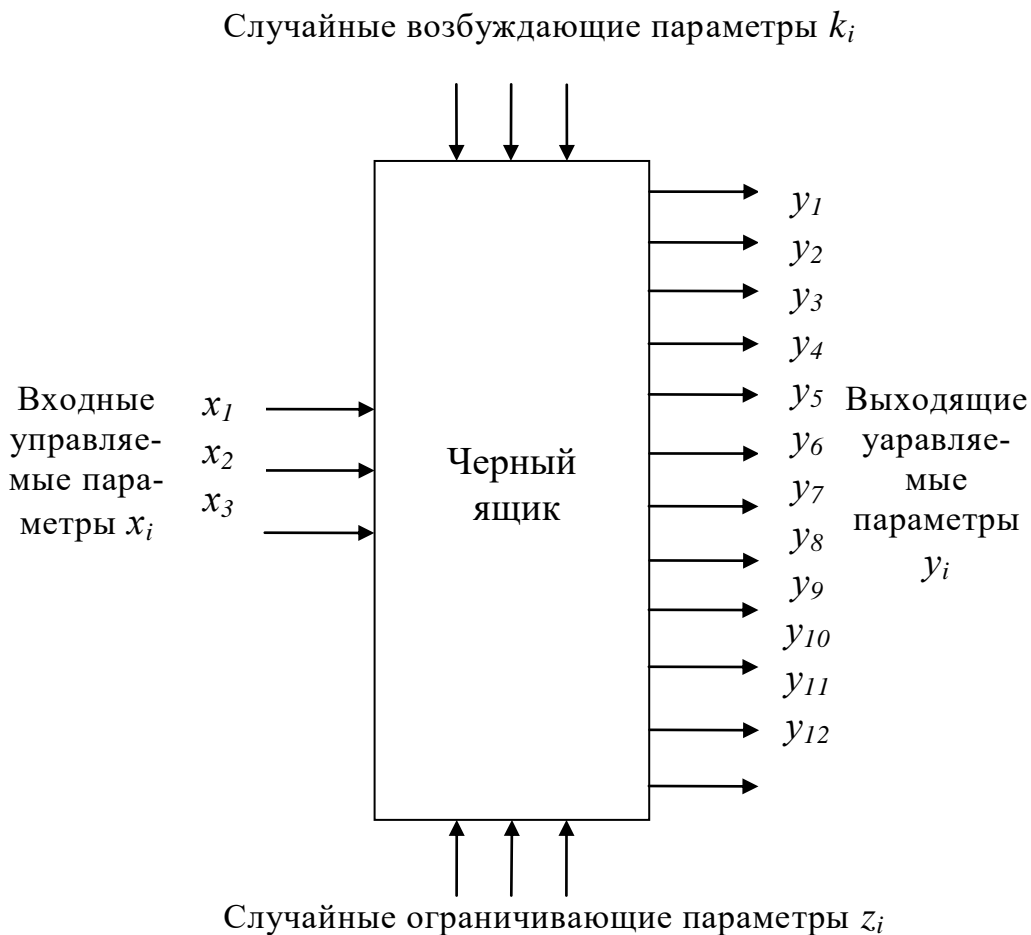


Рис. 2.5. Параметрическая схема процесса шприцевания фарша [142]

Критериями оптимальности технологического процесса y_i являются характеристики колбасного фарша: y_1 - органолептическая оценка (баллы); y_2 - ВПС фарша (%); y_3 - ВУС фарша (%); y_4 - ЖУС фарша (%); y_5 - эффективная вязкость (Па·с); y_6 - предельное напряжение сдвига (Па); y_7 - объемная деформация (%); y_8 - МД белка (%); y_9 - МД влаги (%); y_{10} - количество МАФАНМ, в 1 г продукта; y_{11} - количество БГКП, в 1 г продукта; y_{12} - выход готовой продукции к массе сырья (%)

Факторами - аргументами x_i , которые влияют на исходные параметры оптимизации y_i служат, параметры технологического процесса шприцевания: x_1 - давление подачи продукта (МПа); x_2 - предельное остаточное давление (МПа); x_3 - температура фарша (К).

Решение рассмотренной задачи заключалось в определении таких значений факторов x_i , при которых каждая из перечисленных функций (параметров оптимизации) y_i имела бы как можно лучшее, то есть оптимальное значение.

Для этого проводят ПФЭ, рассчитывают коэффициенты регрессии, проверяют их на значимость, уравнения регрессии проверяют на адекватность.

2.3. Методика статистической обработки данных

После статистической обработки результатов проведенного ПФЭ получают математическую модель функции отклика (параметра оптимизации) [108, 133], которая имеет вид (формулы Б.1 - Б.2), линейное уравнение регрессии принимает вид (формула Б.3) [3, 4, 24].

Обработку результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов проводили по следующей схеме [63, 127]:

- 1) для каждого ряда матрицы планирования по формуле (Б.4) вычисляют среднее арифметическое значение параметра оптимизации;
- 2) по формуле (Б.5) определяют дисперсию S_j^2 для каждого опыта матрицы;
- 3) по формуле (Б.6) определяют ошибку опыта S_j ;
- 4) по формуле (Б.7) проверяют гипотезу однородности двух дисперсий, с помощью F- критерия Фишера;
- 5) используя G- критерий Кохрена по формуле (Б.8), проверяют гипотезу

однородности ряда дисперсий S_j^2 опытов;

б) если дисперсии опытов однородны, то по формуле (Б.9) вычисляют дисперсию S_y^2 воспроизводимости эксперимента;

7) по выражению (Б.13) находят дисперсии $S_{b_i}^2$ коэффициентов регрессии;

8) по формуле (Б.15) устанавливают величину доверительного интервала Δb_i ;

9) по формулам (Б.10 - Б.12) определяют коэффициенты уравнения регрессии;

10) проверяют статистическую значимость коэффициентов регрессии и получают уравнение регрессии;

11) по выражению (Б.17) определяют дисперсию $S_{ад}^2$ адекватности;

12) с помощью F- критерия проверяют адекватность модели по (Б.18).

Обработка экспериментальных данных представлена в приложении Е.

2.4. Выводы по разделу

1. Разработана структурная схема проведения исследований с целью обоснования оптимальных условий процесса шприцевания колбасного фарша, на основе комплекса физико-химических и органолептических показателей.

2. Были проведены исследования органолептических, физико-химических, структурно-механических показателей колбасного фарша в соответствии с регламентируемыми методами нормативной документации.

3. Для проведения активного эксперимента подготовлен экспериментальный стенд на базе действующего шприца по оптимизации процесса шприцевания колбасного фарша.

4. Определены параметры оптимальности процесса шприцевания, ими являются: органолептическая оценка; ВПС фарша; ВУС фарша; ЖУС фарша; эффективная вязкость; предельное напряжение сдвига; объемная деформация; МД белка; МД влаги; количество МАФАНМ в 1 г продукта; количество БГКП; выход готовой продукции к массе сырья.

5. Определены факторы оказывающие влияние на указанные параметры оптимизации: давление подачи продукта; предельное остаточное давление; температура фарша.

6. Для оптимизации процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку был выбран метод Бокса-Уилсона, типа 2^k .

Основные результаты работы, изложенные в этом разделе, опубликованы в [142].

РАЗДЕЛ 3

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВАРЕННЫХ КОЛБАС И ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

3.1. Характеристики и показатели качества входного сырья и исходного продукта

В мясоперерабатывающей промышленности к фаршу относятся полуфабрикаты мясные, изготовленные по ГОСТУ 46.020-2002 [87] из говяжьего, свиного или бараньего мяса по требованиям ДСТУ 4436: 2005 [54] (табл. В.1) со специями, пряностями и другими компонентами.

Фарш используют:

- как готовые изделия (охлажденные полуфабрикаты), предназначенные для реализации в торговой сети и в ресторанном хозяйстве должны отвечать ГОСТУ 46.020-2002 [87]: органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности (табл. В.2 - В.4);

- как полуфабрикаты в производстве колбасных изделий в оболочке или без нее, подвергают термической обработке или ферментации, после чего они готовы к потреблению. Готовые продукты из колбасного фарша должны отвечать согласно ДСТУ 4436: 2005 [54]: органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям, а также допустимому уровню токсичных элементов, которые представлены в таблицах В.5 – В.8.

3.2. Моделирование реологических свойств фарша

Поскольку фарш является сложной системой, которая имеет свойства, как твердого тела, так и жидкости, и частично проявляет упругое восстановление формы после снятия напряжения, поэтому необходимо более детальное исследование реологических свойств фарша в зависимости от процессов его преобразования.

При исследовании использовали образцы фарша по рецептурам сосисок "Премьера" и "Йогуртовые". Экспериментальные данные выражали кинетику деформации в виде кривых (Рис. 2.3) и с помощью формул (А.9-А.15), где ε , %- относительная объемная деформация, t , с – время действия напряжения.

Анализируя кривые деформации фарша сосисок "Премьера" и "Йогуртовые" до и после шприцевания (Рис. 3.1. и 3.2), можно выделить следующие зоны:

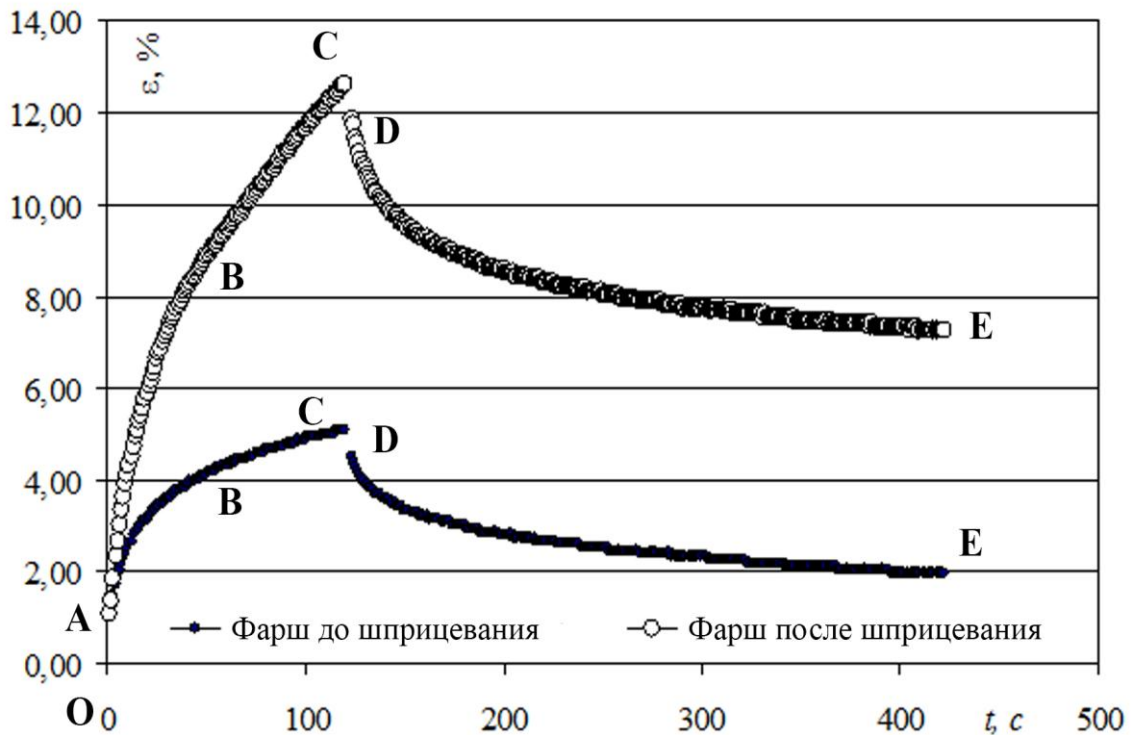


Рис. 3.1. Кинетические кривые развития относительной деформации в фарше сосисок "Премьера" при постоянном напряжении 20 Па до и после шприцевания.

1. Зона упругой условно-мгновенной деформации ε_0 (отрезок ОА), которая мгновенно возникает (0,5...1 с) под действием прилагаемого напряжения и мгновенно исчезает после ее снятия: в фарше сосисок "Премьера" (Рис. 3.1) до шприцевания $\varepsilon_0 = 5,081$ %, после шприцевания $\varepsilon_0 = 12,630$ %; в фарше сосисок "Йогуртовые" (Рис. 3.2) до шприцевания $\varepsilon_0 = 3,159$ %, после шприцевания $\varepsilon_0 = 8,132$ %.

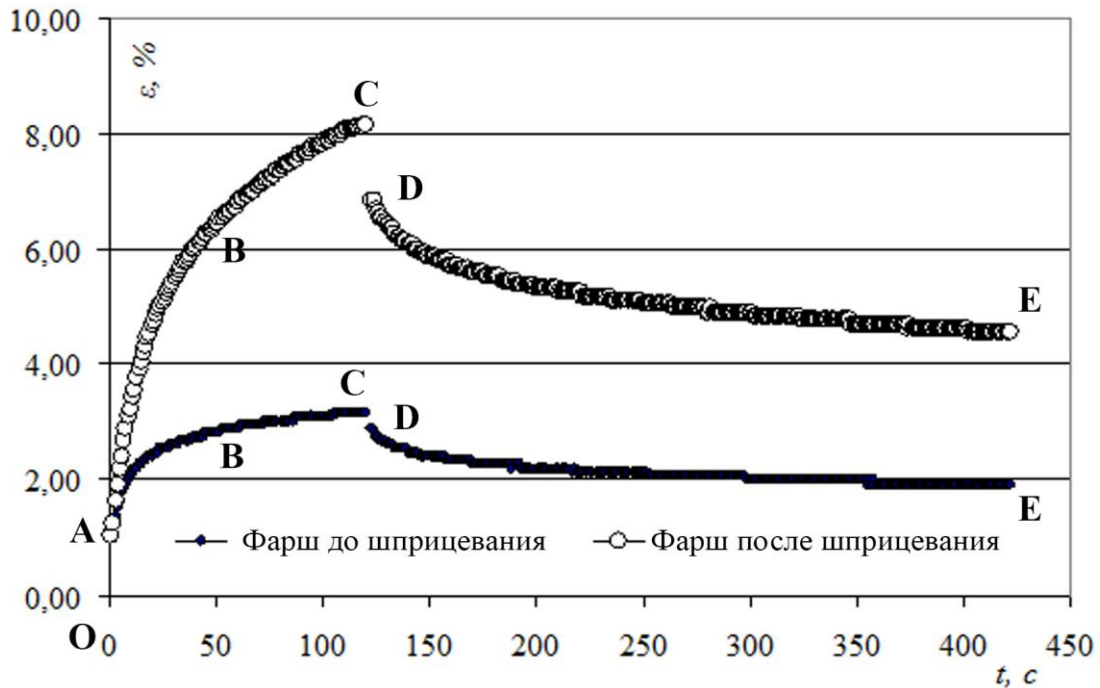


Рис. 3.2. Кинетические кривые развития относительной деформации в фарше сосисок "Йогуртовые" при постоянном напряжении 20 Па.

При этой деформации под воздействием внешнего напряжения нарушается внутримолекулярное поле системы, происходит накопление соответствующего количества потенциальной энергии. Уравновешивается внутреннее напряжение под действием внешних сил. После снятия нагрузки происходит упругое восстановление первичной формы за счет накопленной потенциальной энергии.

2. Максимально достигнутая деформация под действием приложенного напряжения ε_m (отрезок OC) составила: для фарша сосисок "Премьера" до шприцевания $\varepsilon_m = 5,081 \%$, после шприцевания $\varepsilon_m = 12,630 \%$; в фарше сосисок "Йогуртовые" до шприцевания $\varepsilon_m = 3,159 \%$, после шприцевания $\varepsilon_m = 8,132 \%$.

3. Удельно-эластичная деформация - полностью обратимая относительно деформации ε_{y3} (отрезок OB) составила: для фарша сосисок "Премьера" до шприцевания $\varepsilon_{y3} = 3,639 \%$, после шприцевания $\varepsilon_{y3} = 6,454 \%$; в фарше сосисок "Йогуртовые" до шприцевания $\varepsilon_{y3} = 3,090 \%$, после шприцевания $\varepsilon_{y3} = 5,493 \%$.

4. Высоко-эластичная деформация - относительная деформация, которая постепенно исчезает после снятия напряжения ε_{e3} (отрезок AB), принимала зна-

чение: для фарша сосисок "Премьера" (Рис. 3.1) до шприцевания $\varepsilon_{вэ} = 2,609 \%$, после шприцевания $\varepsilon_{вэ} = 5,355 \%$; в фарше сосисок "Йогуртовые" (Рис. 3.2) до шприцевания $\varepsilon_{вэ} = 2,060 \%$, после шприцевания $\varepsilon_{вэ} = 4,463 \%$

5. Остаточная (пластичная) деформация, которая не исчезает после снятия прилагаемого напряжения в течение длительного времени $\varepsilon_{ост}$ (отрезок ЕО черт. А.2) составила: для фарша сосисок "Премьера" (Рис. 3.1) до шприцевания $\varepsilon_{ост} = 1,991 \%$, после шприцевания $\varepsilon_{ост} = 7,278 \%$; в фарше сосисок "Йогуртовые" (Рис. 3.2) до шприцевания $\varepsilon_{ост} = 1,923 \%$, после шприцевания $\varepsilon_{ост} = 4,559 \%$.

В таблицу 3.1. сведены все полученные данные деформации опытных образцов фарша сосисок «Йогуртовые» и «Примьера» до и после шприцевания.

Таблица 3.1

Деформация опытных образцов фарша сосисок «Йогуртовые» и «Примьера» до и после шприцевания

Зоны	Единицы измерения	"Премьера" до шприцевания	"Премьера" после шприцевания	Разница $\Delta\varepsilon$	"Йогуртовые" до шприцевания	"Йогуртовые" после шприцевания	Разница $\Delta\varepsilon$
Условно-мгновенная деформация	$\varepsilon_0, \%$	5,081	12,630	7,549	3,159	8,132	4,973
Удельно-эластичная деформация	$\varepsilon_{ул}, \%$	3,639	6,454	2,815	3,090	5,493	2,403
Высоко-эластичная деформация	$\varepsilon_{вэ}, \%$	2,609	5,355	2,746	2,060	4,463	2,403
Остаточная (пластичная) деформация	$\varepsilon_{ост}, \%$	1,991	7,278	5,287	1,923	4,559	2,636

Таким образом, полученные данные дают основание сделать следующие выводы:

- в зоне упругой условно-мгновенной деформации для фарша сосисок

"Премьера" разница между фаршем до шприцевания и после шприцевания составляет $\Delta\varepsilon_0 = 7,549 \%$, что подтверждает изменение реологических характеристик колбасного фарша под действием процесса шприцевания; для фарша сосисок "Йогуртовые" эта величина составляет - $\Delta\varepsilon_0 = 4,973 \%$, что характеризует меньшее влияние шприцевания на величину упругой условно-мгновенной деформации, которая согласуется с различием консистенции фаршем для сосисок "Премьера" и сосисок "Йогуртовые"»;

- разница между удельно-эластичной деформацией составила для фарша сосисок "Премьера" $\Delta\varepsilon_{y_3} = 2,815 \%$, для фарша сосисок "Йогуртовые" $\Delta\varepsilon_{y_3} = 2,403 \%$, что также согласуется с разницей в консистенции колбасных фаршей;

- изменение высоко-эластичной деформации $\Delta\varepsilon_{\text{вз}}$ при шприцевании: для фарша сосисок "Премьера" происходит на $2,746 \%$, для фарша сосисок "Йогуртовый" на $2,403 \%$;

- изменение пластической деформации ($\Delta\varepsilon_{\text{ост}}$) - соответственно на $5,287 \%$, и на $2,636 \%$.

Зависимость эффективной вязкости от напряжения или скорости сдвига является основной характеристикой, поскольку эта величина описывает равновесное состояние между процессами восстановления и разрушения структуры в постоянном потоке. Результаты исследований фарша до шприцевания и после шприцевания фарша сосисок "Премьера", "Йогуртовые" приведены на рисунках 3.3 - 3.6.

Диаграмма зависимости эффективной вязкости η от скорости сдвига D (Рис. 3.3) показывает, что колбасный фарш сосисок «Премьера» до шприцевания относительно колбасного фарша сосисок после шприцевания проявляется в области относительно малых скоростей сдвига $D=0...0,36\text{с}^{-1}$. При увеличении скорости сдвига от $D=0,4...1,0\text{с}^{-1}$ сдвига эта зависимость незначительна.

Диаграмма зависимости эффективной вязкости η от скорости сдвига D для фарша сосисок "Йогуртовые" (Рис. 3.4) показывает, что фарш до шприцевания относительно фарша после шприцевания практически ничем не отличаются в исследуемой выбранной области. Возможно незначительное отклонение - в об-

ласти относительно малых скоростей сдвига $D=0,2\dots0,4 \text{ с}^{-1}$.

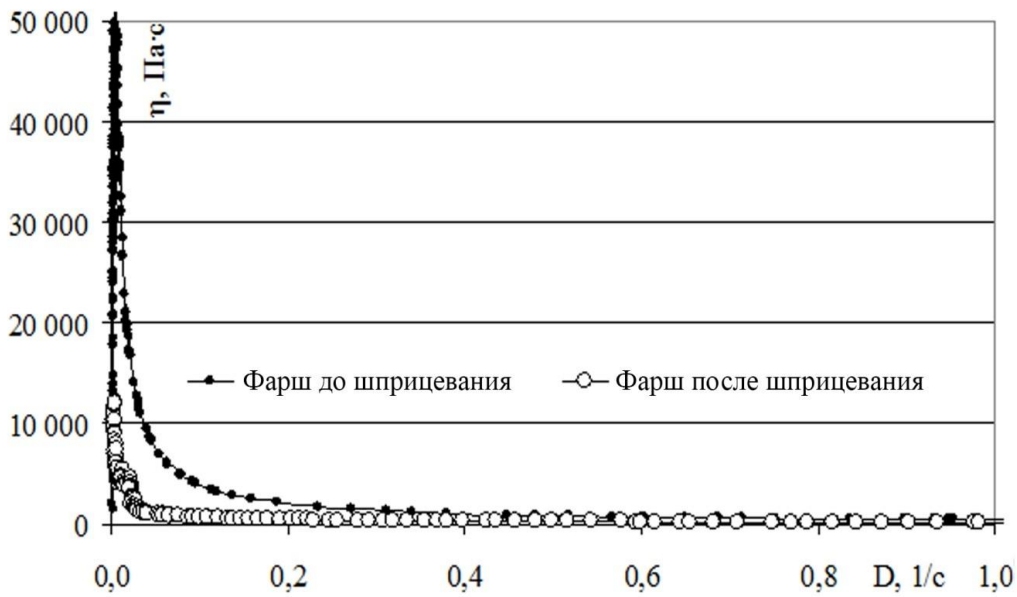


Рис. 3.3. Зависимость эффективной вязкости η от скорости сдвига D для фарша сосисок «Премьера»

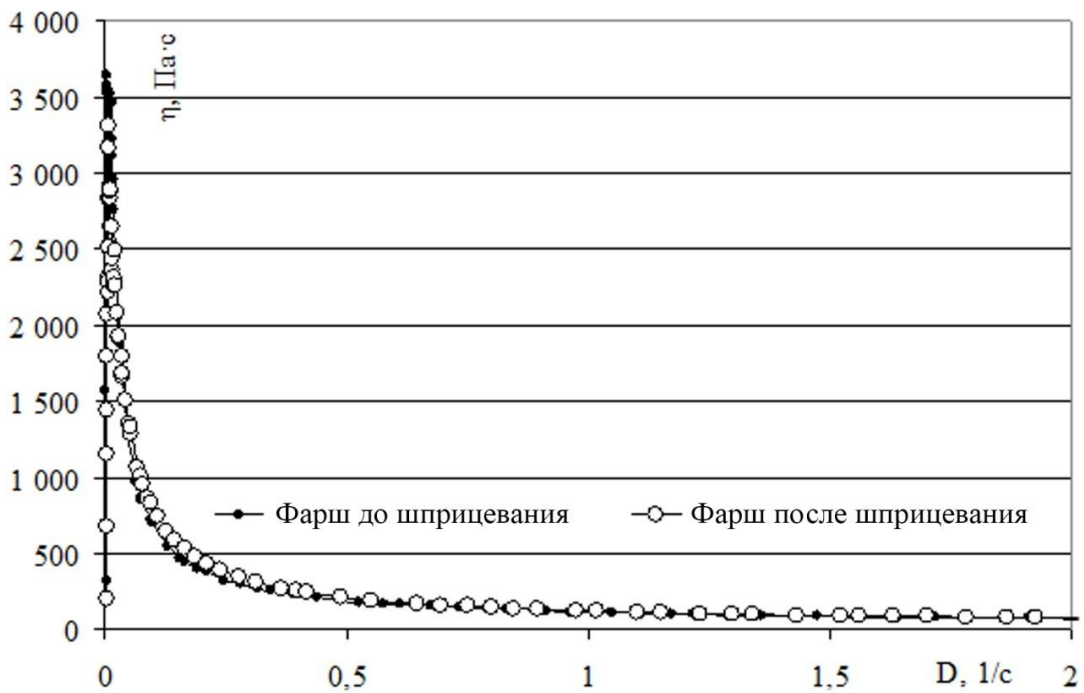


Рис. 3.4 Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига фарша сосисок "Йогуртовые"

На рис. 3.5 приведена диаграмма зависимости эффективной вязкости η от напряжения сдвига θ колбасного фарша. Для фарша "до шприцевания" на уча-

стке от $\theta = 0 \dots 300$ Па этот рост, возможно, интерпретировать как вязкость фарша со связанной структурой дисперсной фазы. На участке от $\theta = 300 \dots 400$ Па; $400 \dots 600$ Па это снижение, возможно, интерпретировать как вязкость фарша с полной разрушенной дисперсной фазой. Относительно фарша "после шприцевания", на участке от $\theta = 0 \dots 50$ Па - вязкость фарша со связанной структурой дисперсной фазы. На участке от $\theta = 50 \dots 170$ Па - вязкость фарша с частичной разрушенной дисперсной фазой, на участке от $\theta = 170 \dots 600$ Па полной разрушенной дисперсной фазой

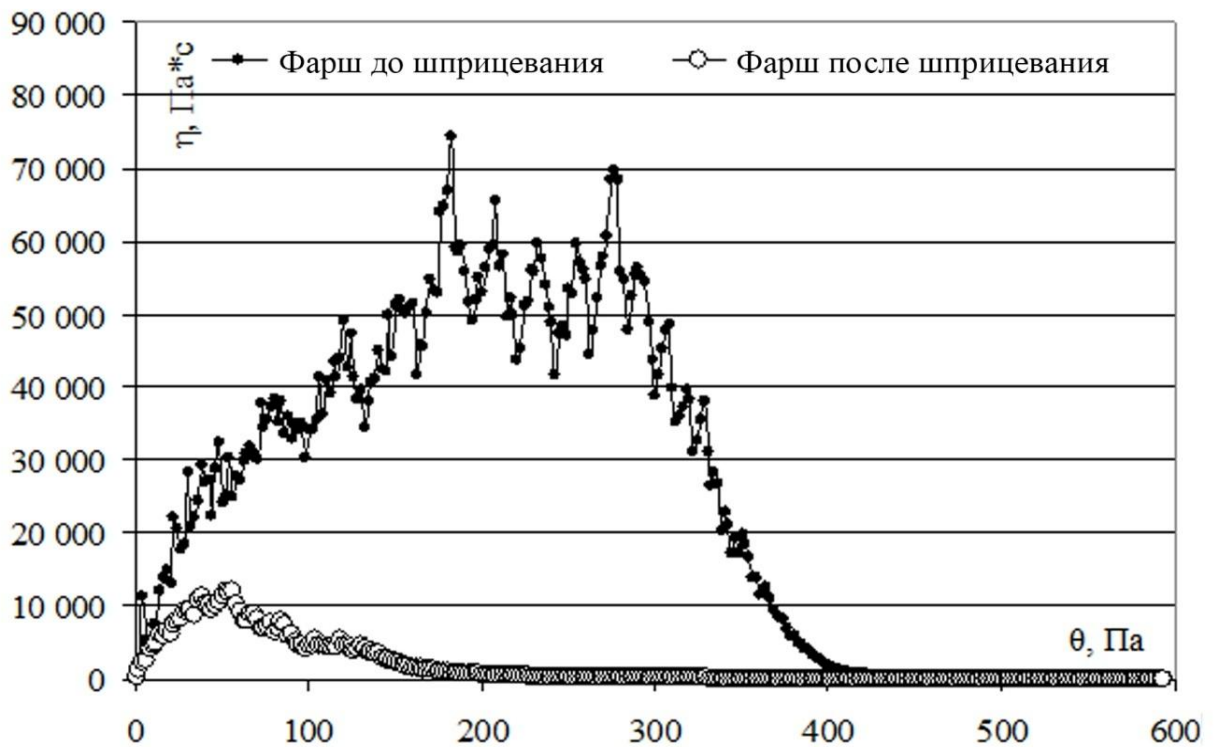


Рис. 3.5. Зависимость эффективной вязкости от напряжения сдвига фарша сосисок «Премьера»

На рис. 3.6 приведена диаграмма зависимости эффективной вязкости η от напряжения сдвига θ фарша сосисок "Йогуртовые".

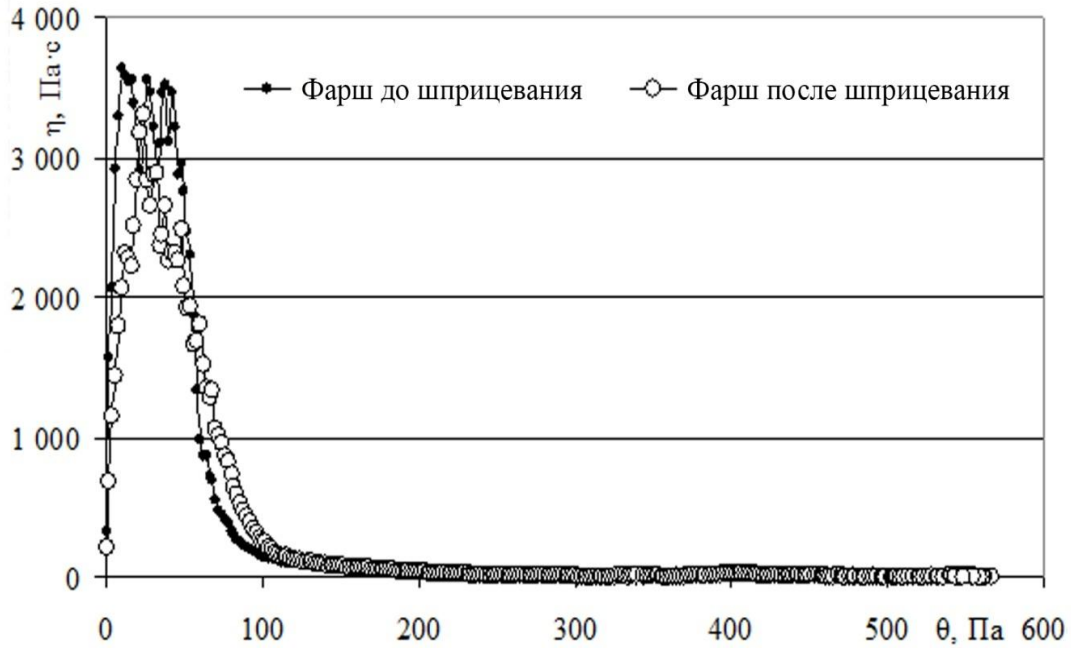


Рис 3.6. Зависимость эффективной вязкости от напряжения сдвига фарша сосисок "Йогуртовые"

Для фарша "до шприцевания" на участке от $\theta=0\dots60$ Па этот рост, возможно, интерпретировать как вязкость фарша со связанной структурой дисперсной фазы. На участке от $\theta=60\dots600$ Па это снижение, возможно, интерпретировать как вязкость фарша с полной деструктурированной дисперсной фазой. Относительно фарша "после шприцевания", на участке от $\theta=0\dots40$ Па - вязкость фарша со связанной структурой дисперсной фазы. На участке от $\theta=40\dots600$ Па - вязкость фарша с разрушенной дисперсной фазой.

На рис. 3.7 Представлены кривые текучести до и после шприцевания колбасного фарша "Премьера".

Для фарша "до шприцевания" на участке $\theta=0\dots380$ Па - выделена стационарная область, на участке от $\theta=420\dots500$ Па увеличения величины скорости сдвига D и на участке $\theta=500\dots600$ Па уменьшения показателя. Для фарша "после шприцевания" на участке $\theta=0\dots250$ Па - выделена стационарная область, на участке от $\theta=250\dots600$ Па - увеличения величины скорости сдвига D .

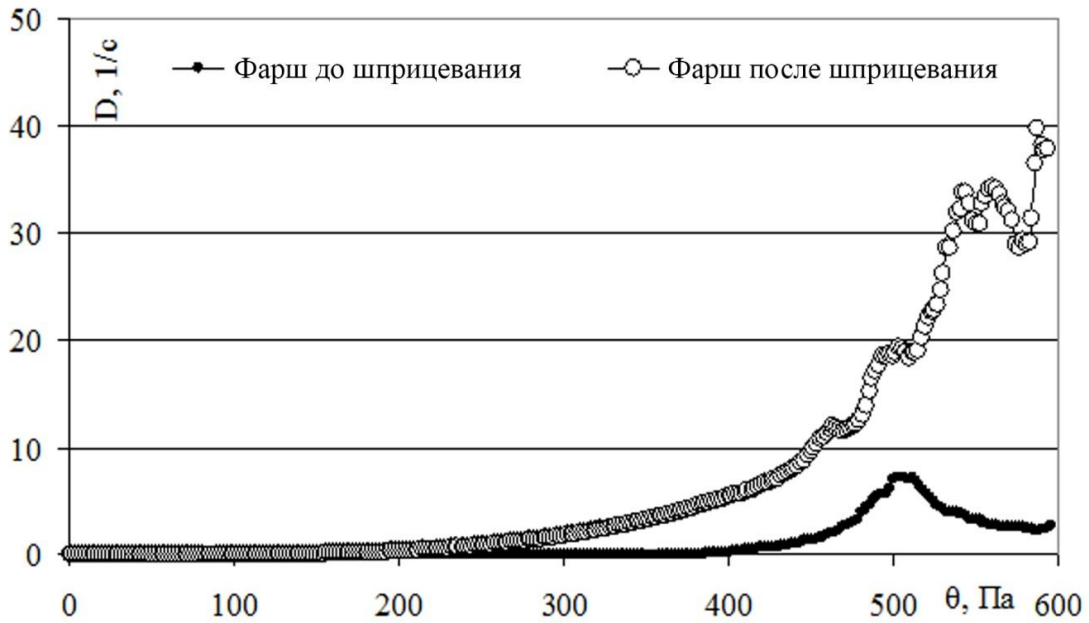


Рис. 3.7. Кривые текучести до и после шприцевания фарша сосисок "Премьера".

На рис. 3.8 представлены кривые текучести до и после шприцевания колбасного фарша "Йогуртовый". На участке $\theta=0...350$ Па - выделена стационарная область, на участке от $\theta=350...560$ Па - увеличения величины скорости сдвига D .

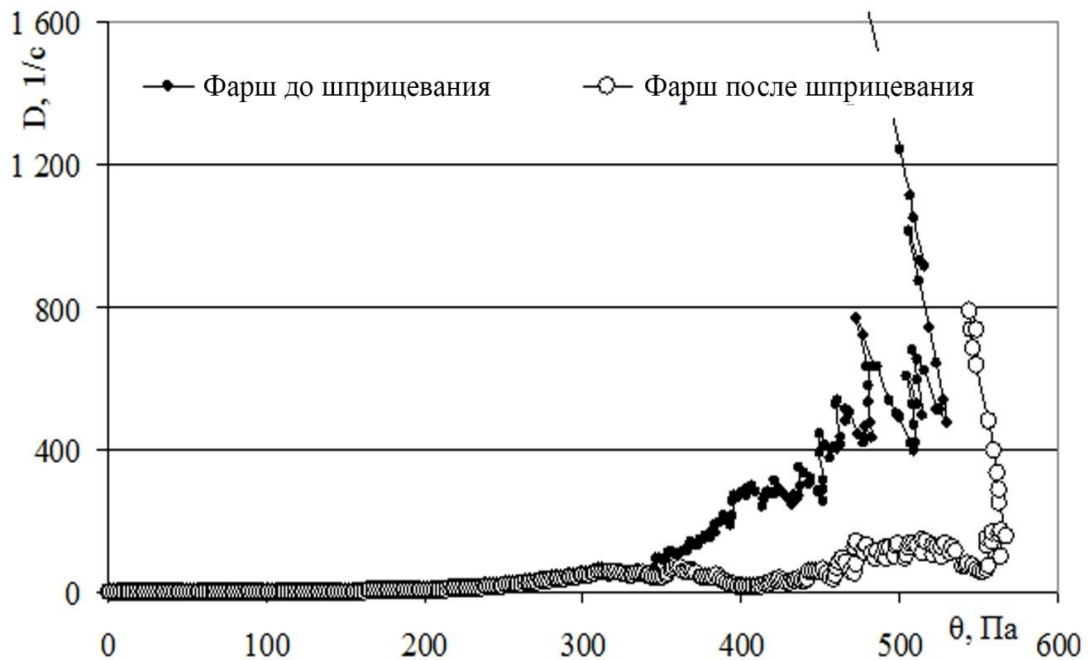


Рис. 3.8. Кривые текучести до и после шприцевания фарша сосисок "Йогуртовые"

Анализ значений модулей сдвига и коэффициентов эффективных вязкостей

показал, что колебания этих величин для колбасного фарша зависят от рецептурного состава образцов. Увеличение коэффициентов упругости и вязкости, связанных с изменением структуры в процессе шприцевания, свидетельствует об улучшении способности исследуемых продуктов сохранять форму.

Расчетные значения деформации модели, полученной нами в сочетании с экспериментальными измерениями, имеет практическое значение для разработки рецептур и технологических процессов производства колбасного фарша.

3.3. Исследование микроструктуры фарша

Для определения изменения микроструктуры колбасного фарша под воздействием вакуума или без него использовался метод гистологического анализа [79] при условиях: температура фарша 280 К для всех образцов; процесс куттерования (рис. 3.13, а); процесс шприцевания при давлении 1,35 МПа и отсутствия давления вакуумирования (Рис. 3.13, б); процесс вакуумирования при давлении: - 0,48 МПа (Рис. 3.13, в); - 0,80 МПа (Рис. 3.13, г). С помощью компьютерной программы ARFill 3.7 находили долю (%) порового пространства (Рис. 3.13).

На рис. 3.13 (а - г) представлена микроструктура срезов колбасного фарша по рецептуре сосисок "Йогуртовые".

На рис. 3.13 (д - з) представлена микроструктура колбасного фарша по рецептуре сосисок "Премьера".

Анализ срезов показал следующие особенности гистологической структуры сосисок.

Фарш "Йогуртовые" после куттерования (Рис. 3.13, а) в своей структуре имеет мышечные волокна и значительное количество жировой ткани, которое представлено в виде огромных липидных конгломератов.

Вместе с тем, в структуре присутствуют вакуоли разного размера, в которых находится мясной сок, или добавленная по рецептуре влага, которая отпрессовалась при механическом измельчении или куттеровании и была замещена в воздушные раковины (11,2%), тем самым вытесняя воздух. В структуре фарша

проглядывается соединительная ткань, и зерна крахмала.

На рис. 3.13, б представлена микроструктура фарша сосисок "Йогуртовые", который прошел процесс шприцевания при давлении 1,35 МПа без вакуумирования: липидные фракции меньшего размера и равномерно распределены по всей структуре фарша; вакуоли уменьшились, и количество их увеличилось (10,4%); количество крахмала и соединительной ткани незначительно.

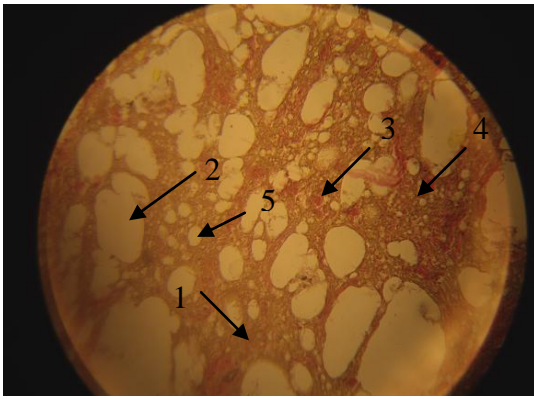
На рис. 3.13, в представлена структура фарша сосисок "Йогуртовые", который прошел шприцевание при давлении 1,35 МПа и вакуумирование при давлении, - 0,48 МПа: жировая ткань имеет форму "пятна" и характеризуются неоднородностью - взрыхление структуры; значительная часть колбасного фарша гомогенизирована и содержит большое количество вакуолей разного размера (8,7%).

На рис. 3.13, г представлена микроструктуру фарша сосисок "Йогуртовые" после его шприцевания при давлении 1,35 МПа и вакуумирования при давлении - 0,80 МПа: жировая ткань в результате эмульгирования принимает форму капель; количество вакуолей уменьшилось (7,9%).

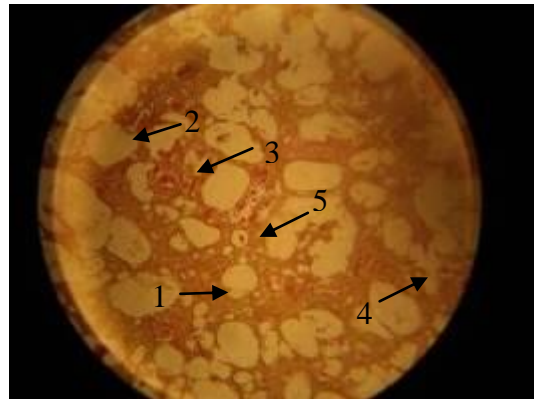
Структура фарша более однородна в сравнении с другими образцами, что, на наш взгляд, соответствует структуре, которая отвечает нашим требованиям и представлениям об оптимальности.

Что касается структуры фарша сосисок "Премьера", то она испытывает те же изменения, как и фарш сосисок "Йогуртовые", кроме этапа вакуумирования при давлении - 0,48 МПа (Рис. 3.13, ж). В этом случае жировая ткань имеет более спокойную структуру, более коагулированную. Процент пустот (вакуолей): 10,3% (Рис. 3.13, д); 9,4% (Рис. 3.13, е); 7,7% (Рис. 3.13, е); 7,1% (Рис. 3.13, е).

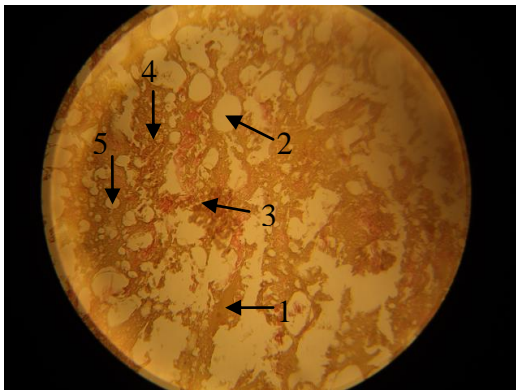
На основании полученных данных и их анализа можно констатировать, что в процессах куттерования, шприцевания, вакуумирования колбасного фарша наибольшее превращение испытывает липидная фракция - изменение размера, разрыхление, коагулирования.



а



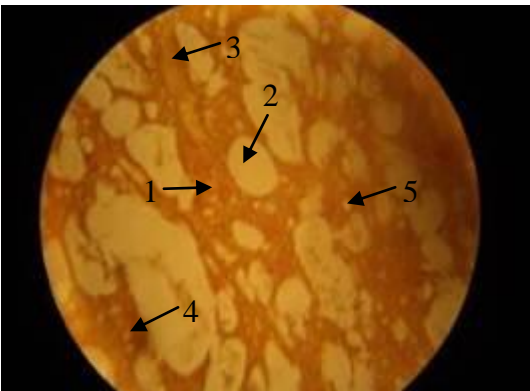
б



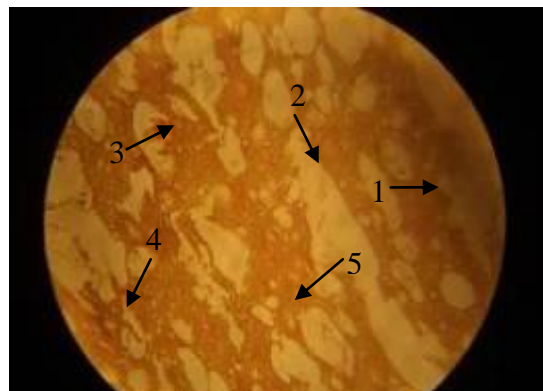
в



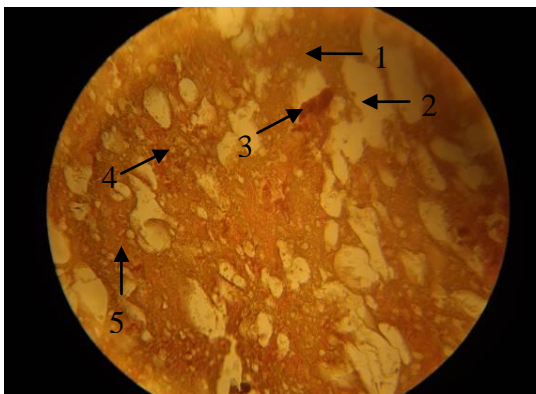
г



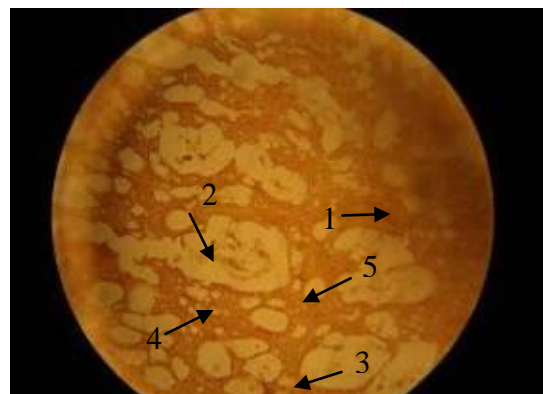
д



е



ж



з

Рис. 3.13 - Гистологические срезы фарша: 1 - мышечные волокна; 2 жирная ткань; 3 - соединительная ткань; 4 - крахмал; 5 - вакуоли

Нами установлено, что после шприцевания на вакуумном шприце структура становится плотнее, за счет уменьшения воздушных пузырьков [79], которые при вакуумной деаэрации частично удаляются, а оставшаяся часть воздушных пузырьков становится меньших размеров и распределяются по всей массе фарша.

3.4. Характеристики качества вареных колбас, сформировавшиеся в процессе шприцевания

Температура фарша. В процессе шприцевания фарш нагревается от +0,2 до +0,6°C в зависимости от ряда факторов (начальной температуры фарша, давления шприцевания и давления вакуумирования). Поэтому, нами принято решение, что термостатирование фарша при шприцевании проводиться будет из-за незначительного изменения температуры.

Диапазон температуры был выбран экспериментально. Результаты полученных исследований показали, что при изменении разницы температуры в три Кельвина в фарше наблюдаются хоть и не значительные, но изменения в: структурно-механических характеристиках; технологических показателях; физико-химических показателях; микробиологических показателях. Такой диапазон дает нам возможность более точно подобрать необходимую температуру фарша. Полученные экспериментальные данные влияния температуры фарша на его качественные показатели внесены в таблицу 3.2. В таблице показаны средние показатели по каждому параметру оптимизации (органолептическая оценка; ВПС фарша; ВУС фарша; ЖУС фарша; эффективную вязкость; предельное напряжение сдвига; объемная деформацию; МД белка; МД влаги (%); количество МАФАНМ в 1 г продукта; количество БГКП в 1 г продукта; выход готовой продукции к массе сырья).

Полученные графические результаты исследования приведены на рис. 3.14 - 3.16. Они дают возможность проанализировать влияние каждого фактора на каждый параметр оптимизации.

Таблица 3.2

Экспериментальные данные влияния температуры фарша на его качественные показатели

Т, К	Органолептическая оценка, балл	ВПС, %	ВУС, %	ЖУС, %	Эффективная вязкость, Па·с	Пределное напряжение сдвига Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги, %	Количество МАФАНМ	Выход готовой продукции к массе сырья, %
	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3
273	2,83	42,70	48,80	54,35	543,00	833,60	10,72	14,48	57,70	588,00	113,34
276	3,32	49,40	49,55	56,50	573,60	852,80	10,70	14,94	57,05	567,40	115,10
279	3,53	52,55	50,35	58,35	590,00	856,80	10,85	14,99	55,55	554,40	115,67
282	3,47	52,75	50,65	59,05	583,60	853,60	11,12	14,89	55,05	543,70	115,64
285	3,12	50,90	49,75	58,95	564,00	848,00	11,73	14,36	56,00	548,40	114,44
288	2,15	43,15	49,60	59,20	534,80	842,40	12,04	14,29	55,80	537,60	113,84
291	2,02	41,75	49,40	60,55	528,00	828,80	12,25	14,17	55,75	534,40	112,76

На рисунке 3.14. приведены зависимости органолептической оценки и технологических параметров оптимизации от температуры.

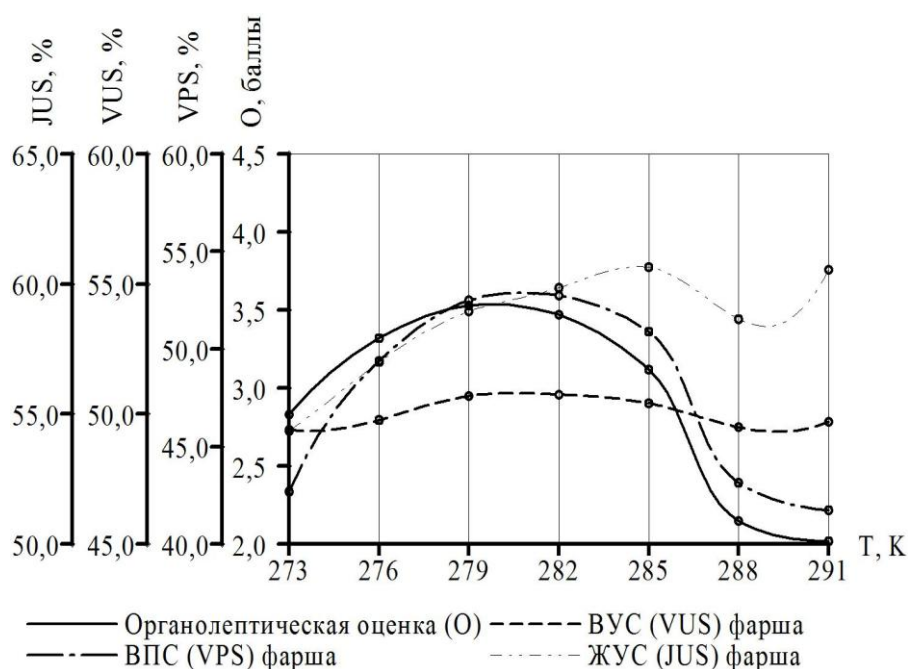


Рис. 3.14 Графики зависимости органолептической оценки (О) и технологических параметров оптимизации от температуры Т,К

Анализируя полученные данные можно сделать заключения что, уровень достоверности влияния температуры на ВУС фарша невысокая, однако наблюдаются ее максимальные значения в интервале 279 до 285 К. Характер зависимости ВПС фарша от температуры аналогичен его органолептической оценке. Максимальное значение лежит в диапазоне Т от 276 до 285 К. Диапазон влияния температуры значительный. ЖУС фарша повышается с увеличением температуры до 12⁰С, а затем остается почти постоянной.

На рисунках 3.15 приведены зависимости реологических характеристик колбасного фарша (предельное напряжение сдвига, эффективная вязкость, объемная деформации) и МД белка от температуры.

Полученные данные дают основание для вывода, что эффективная вязкость и предельное напряжение сдвига фарша имеют максимальное значение в таком же интервале температур – от 276 до 285К. Объемная деформация фарша увеличивается при повышении температуры.

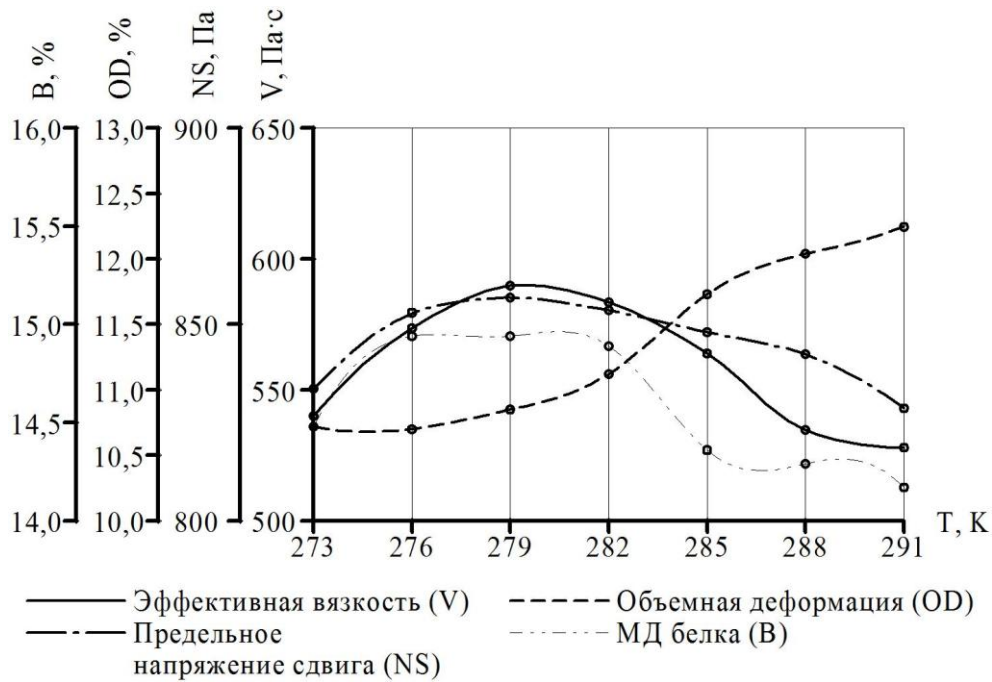


Рис. 3.15 Графики зависимости реологических характеристик колбасного и МД белка (В) от температуры Т, К.

Массовая доля белка со средним уровнем, достоверности 0,74 имеет максимальные значения в интервале 276...282 К.

На рисунке 3.16. приведены зависимости МД влаги, количества МАФАНМ в 1 г продукта и выхода готовой продукции к массе сырья от температуры фарша.

Массовая доля влаги принимает минимальное значение, в интервале 279...282 К. Микробиологическая обсемененность фарша увеличивается с повышением температуры.

Как свидетельствуют данные, выход готовой продукции максимален в интервале 279...282К.

Нашим заданием является нахождение диапазона температуры, который обеспечивает наилучшие значения качественных показателей фарша в процессе шприцевания. Он принят таким: $x_3 (+1) = 285$ К; $x_3 (-1) = 275$ К.

Этот диапазон температуры в дальнейшем будет использован в качестве факторного пространства в активном эксперименте, в качестве верхнего и нижнего уровня фактора (Т).

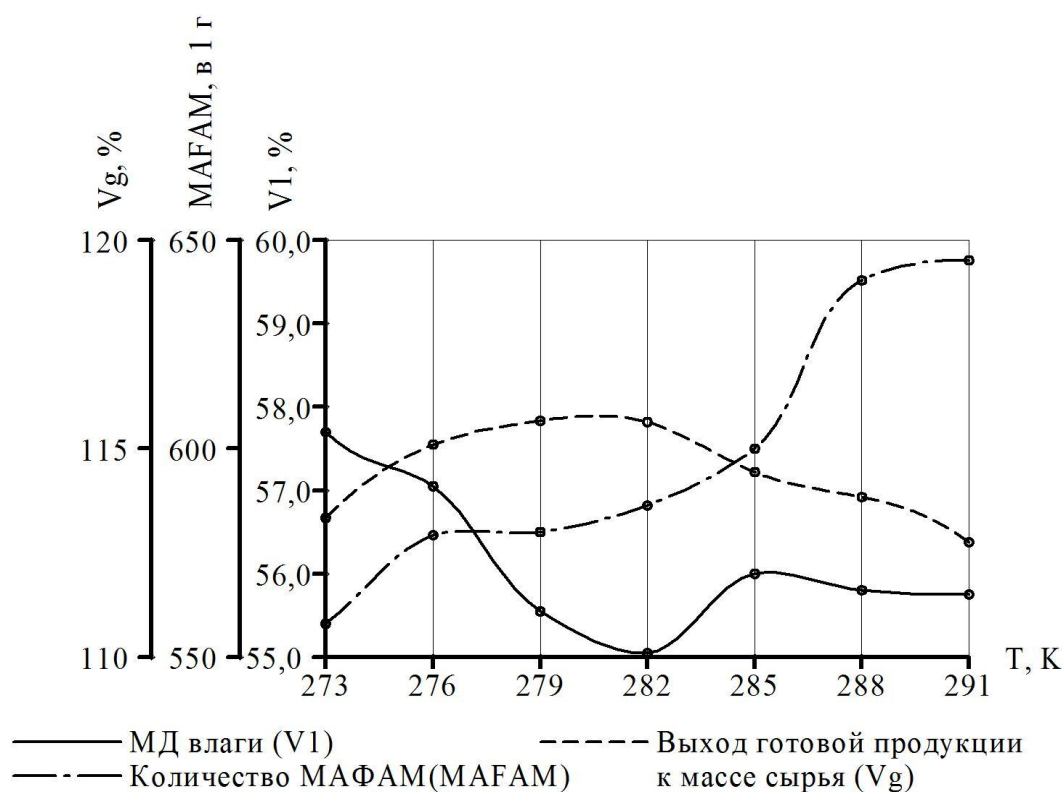


Рис. 3.16 Графики зависимости МД влаги, МАФАНМ, выхода готовой продукции к массе сырья от температуры фарша Т,К.

Давление шприцевания. Давление подачи фарша в шприц было выбрано согласно характеристике стендового образца шприца (приложение Ж.1).

Проведенные нами экспериментальные исследования первичных данных внесены в таблицу 3.3. Графические результаты исследования приведены на рис. 3.17 - 3.19.

На рисунке 3.17. приведены зависимости органолептической оценки и технологических параметров оптимизации от давления ($P_{д.п.}$), под которым подается на шприцевание.

По полученным графическим данным можно сделать заключение, что наиболее высокая органолептическая оценка фарша установлена при давлении 0,15 МПа до 2,25 МПа. Максимальные значения ВУС, ВПС и ЖУС лежат в интервале давления 1,5...3,5 МПа.

Экспериментальные данные влияния давления шприцевания на качественные показатели фарша

$P_{д.н.}$ МПа	Органолептическая оценка, балл	ВПС фарша, %	ВУС фарша, %	ЖУ С фарша, %	Эффективная вязкость, Па·с	Предельное напряжение сдвига, Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги, %	Количество МАФАИМ	Выход готовой продукции к массе сырья %
	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3
0,00	2,83	42,70	48,80	54,35	543,00	833,6	10,72	14,48	57,70	588,0	113,34
0,75	3,83	50,85	56,80	60,30	572,25	988,8	9,78	15,22	57,20	544,8	113,46
1,50	4,37	53,80	57,70	63,35	611,20	1035,2	8,87	15,36	56,98	488,0	111,60
2,25	4,33	51,30	56,30	62,85	650,80	1036,8	9,24	15,19	57,25	422,4	109,56
3,00	3,50	50,55	53,70	61,85	567,65	1020,0	9,63	15,14	57,55	416,8	105,90
3,75	3,28	50,75	52,05	60,35	585,20	976,0	9,31	15,21	56,90	428,0	103,80
4,50	1,33	48,15	50,60	59,00	586,00	980,0	9,07	15,08	57,65	400,0	103,38

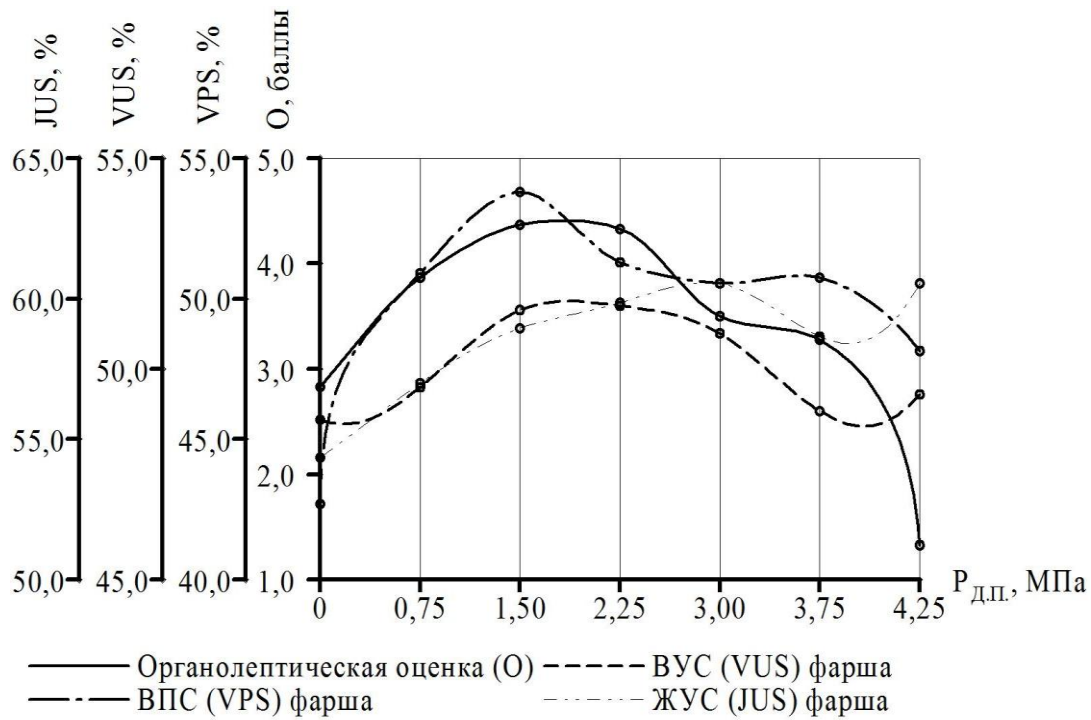


Рис. 3.17 Графики зависимости органолептической оценки (О) и технологических параметров оптимизации от давления подачи продукта ($P_{д.п.}$) в шприц

На рисунке 3.18 приведены зависимости реологических характеристик колбасного фарша (предельное напряжение сдвига, эффективная вязкость, объемная деформации) и МД белка от давления подачи продукта в шприц.

Максимальное значение эффективная вязкость принимает в интервале от 1,50 МПа до 2,25 МПа, а затем наблюдается резкий спад. Предельное напряжение сдвига фарша имеет максимальное значение в большом интервале давления от 0,75 МПа до 4,25 МПа. У объемной деформации наблюдается резкий спад при давлении подачи 1,50 МПа, а затем с увеличением давления до 3,00 МПа резко возрастает, при дальнейшем увеличении давления происходит постепенный спад.

Массовая доля белка (МД) приобретает максимальное значение практически при начальных параметрах давления от 0,75...2,25 МПа. Далее с увеличением давления происходит волнообразные изменения.

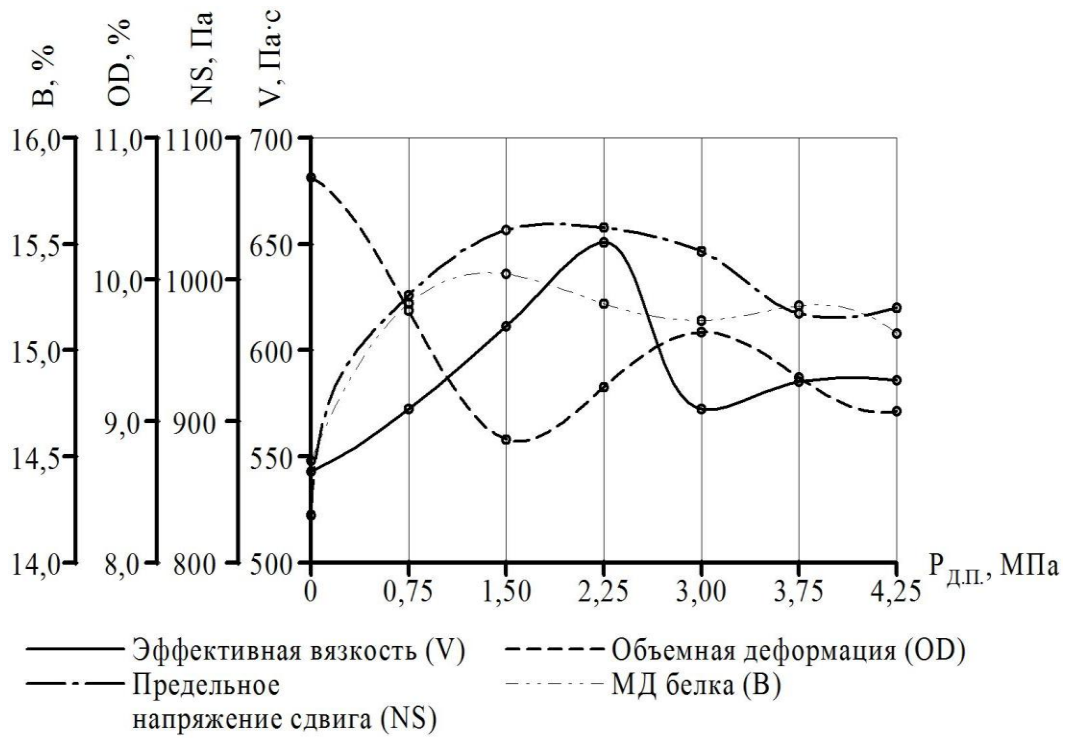


Рис. 3.18 Графики зависимости реологических характеристик колбасного и МД белка от давления подачи продукта ($P_{д.п.}$) в шприц

На рисунке 3.19 приведены зависимости МД влаги, количества МАФАМ в 1 г продукта и выхода готовой продукции к массе сырья от давления подачи продукта ($P_{д.п.}$)

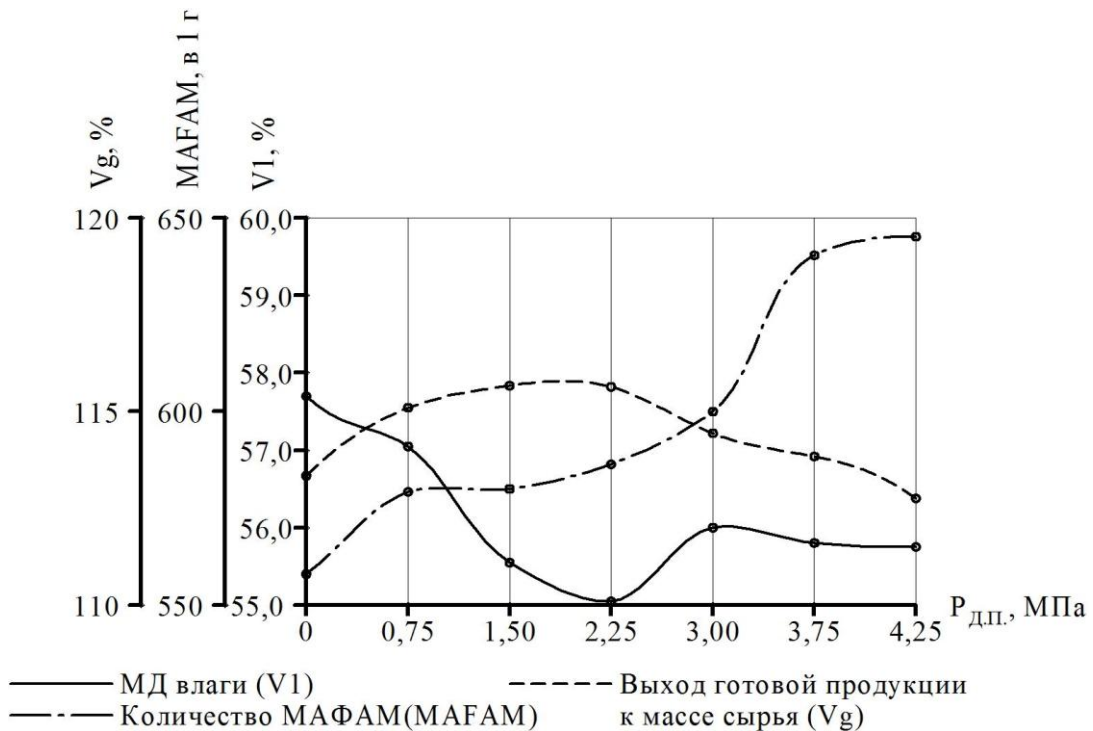


Рис. 3.19 Графики зависимости МД влаги, МАФАМ, выхода готовой продукции к массе сырья от давления подачи продукта ($P_{д.п.}$) в шприц

Массовая доля влаги (МД) при пониженном давлении 0,75 МПа достигает максимального значения, а при давлении подачи от 1,50 МПа до 2,25 МПа начинает снижаться, а затем скачкообразно повышаться или же понижаться. Количество МАФАНМ фарша увеличивается с повышением давления подачи. Выход готовой продукции максимален в диапазоне 0,75 ...3,00 МПа.

Обобщая полученные результаты для измеренных характеристик, следует констатировать, что наиболее приемлемые их значения соответствуют диапазону давления, с которым продукт поступает на шприцевание, со средним максимальным значением 2,252 МПа и среднее минимальным значением 0,454 МПа.

Этот диапазон давления шприцевания в дальнейшем следует использовать в качестве факторного пространства в активном эксперименте, как значение фактора на верхнем и нижнем уровнях ($P_{д.п.}$): $x_1 (+1) = 2,25$ МПа; $x_1 (-1) = 0,45$ МПа.

Давление вакуумирования. Результаты проведенного нами экспериментального исследования влияние величины вакуумметрического давления (предельно остаточного давления – $P_{п.о.д.}$) на качественные характеристики колбасного фарша приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Экспериментальные данные влияния вакуумметрического давления на качественные показатели фарша

$P_{п.о.д.}$ МПа	Органолептическая оценка, балл	ВПС фарша, %	ВУС фарша, %	ЖУС фарша, %	Эффективная вязкость, Па·с	Предельное напряжение сдвига, Па	Объемная деформация, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля влаги, %	Количество МАФАНМ	Выход готовой продукции к массе сырья, %
	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3	\bar{y}_3
0,00	2,83	42,70	48,80	54,35	543,0	833,60	10,72	14,48	57,70	588,0	113,34

Продолжение таблицы 3.4

-0,16	3,57	43,35	49,55	54,55	551,6	852,80	11,23	14,61	57,85	567,4	114,44
-0,32	4,28	45,50	50,15	55,35	556,4	862,40	11,55	14,74	57,70	561,6	114,92
-0,48	4,38	47,90	54,55	58,60	555,2	904,00	11,62	14,88	57,70	548,8	116,00
-0,64	4,25	53,85	58,20	61,00	572,0	946,40	11,60	15,21	56,40	523,7	117,95
-0,80	2,81	54,25	58,60	60,80	539,6	943,20	11,85	15,19	56,55	527,2	117,98

Графические результаты исследования приведены на рис. 3.20 - 3.21.

На рисунке 3.20 представлены графики зависимости органолептической оценки и технологических параметров оптимизации от давления вакуумирования.

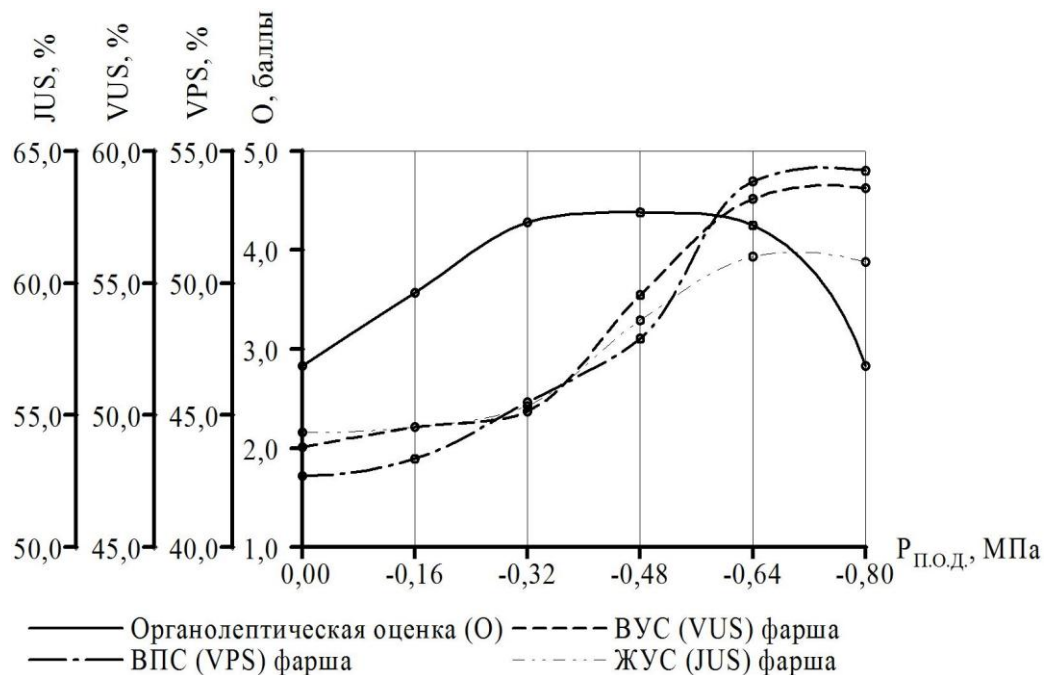


Рис. 3.20 Графики зависимости органолептической оценки (O) и технологических параметров оптимизации от давления вакуумирования (P_{п.о.д})

Полученные результаты измерений влияния давления вакуума на органо-

лептическую оценку и технологические показатели можно сделать заключения, что максимальное значение органолептическая оценка принимает при давлении вакуума $-0,16 \dots -0,64$ МПа, а затем резко падает при увеличении давления. Максимальные значения ВПС, ВУС и ЖУС лежат в интервале давления вакуумирования $-0,48 \dots -0,80$ МПа.

На рисунке 3.21. приведены зависимости реологических характеристик колбасного фарша (предельное напряжение сдвига, эффективная вязкость, объемная деформации) и МД белка от давления вакуумирования.

Структурно-механические характеристики эффективная вязкость и объемная деформация достигают своего максимального диапазона при давлении вакуумирования от $-0,32$ МПа до $-0,80$ МПа, а эффективная вязкость при увеличении давления уменьшается. Предельное напряжение сдвига начинает возрастать с увеличением остаточного давления от $-0,32$ МПа и своего максимального значения достигает при давлении вакуумирования $-0,80$ МПа. Массовая доля белка при увеличении вакуума по сравнению с эффективной вязкостью практически держится на одном уровне.

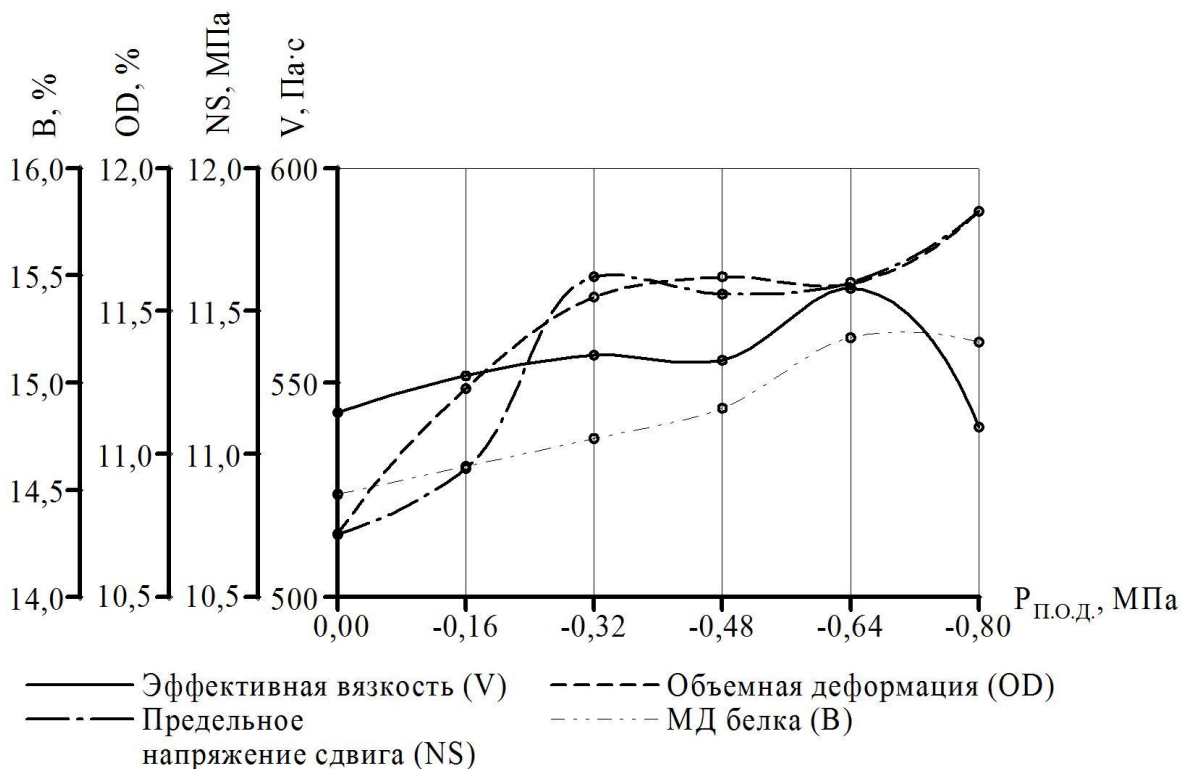


Рис. 3.21 Графики зависимости реологических характеристик колбасного и МД белка от давления вакуумирования (P_{п.о.д.})

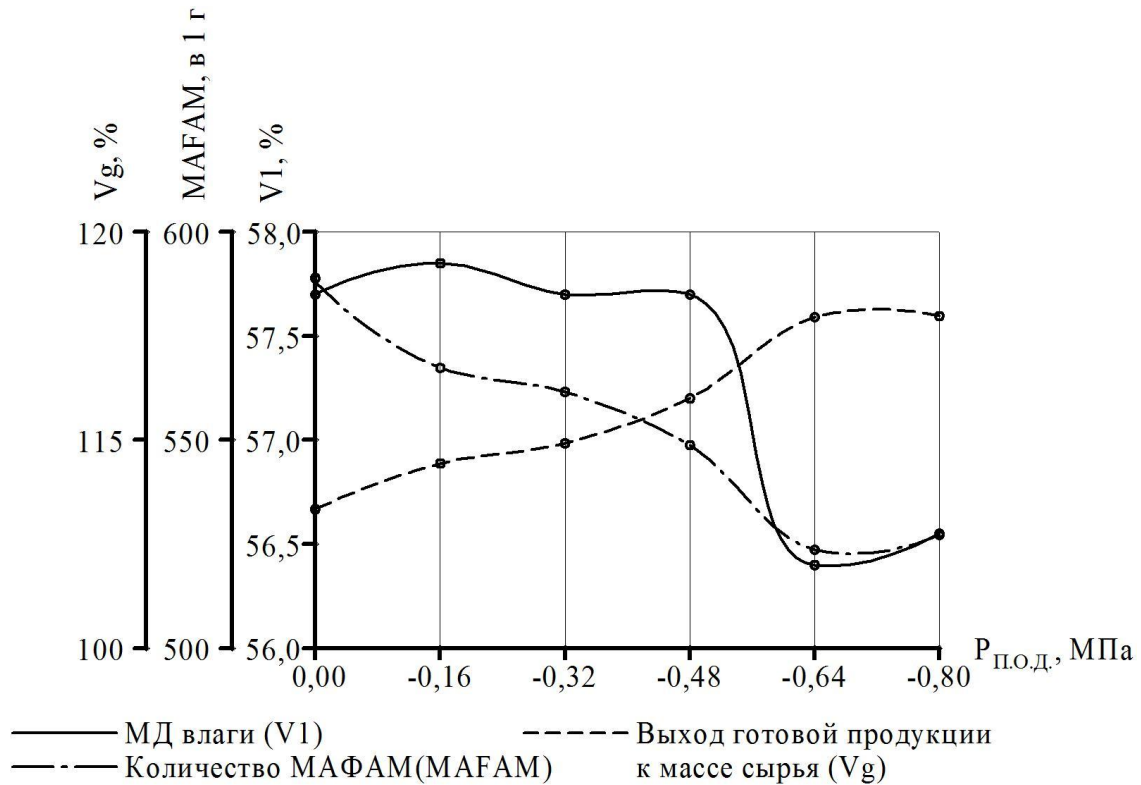


Рис. 3.22 Графики зависимости МД влаги, МАФАНМ, выхода готовой продукции к массе сырья от давления вакуумирования ($P_{п.о.д.}$)

На рисунке 3.22 приведены зависимости МД влаги, количества МАФАНМ в 1 г продукта и выхода готовой продукции к массе сырья от давления вакуумирования ($P_{п.о.д.}$).

По полученным графикам зависимости можно сделать вывод, что повышение давления вакуумирования положительно влияет на все три показателя, т.е. МД влаги и количество МАФАНМ уменьшается, а выход готовой продукции увеличивается.

Таким образом, нами найдены точки, которые характеризуют диапазон возможных значений по параметру, - давление вакуумирования максимальное значение -0,783 МПа и минимальное значение -0,484 МПа.

Определенный диапазон предельно остаточного давления в дальнейшем будет использован в качестве факторного пространства в активном эксперименте, в качестве верхнего и нижнего уровня фактора ($P_{п.о.д.}$): $x_2 (+1) = -0,80$ МПа; $x_1 (-1) = -0,48$ МПа.

3.5. Выводы по разделу

1. Экспериментальные исследования реологических свойств фарша с помощью вискозиметра дают основания утверждать, что при постоянно действующей нагрузке в процессе шприцевании, колбасный фарш претерпевает характерные СМХ изменения.

2. Была исследована микроструктура фарша сосисок «Йогуртовых» до шприцевания и после шприцевания на вакуумне шприце. По результатам гистологических срезов нами было определено, что повышение вакуума снижает количество пустот в фарше.

3. Установлен диапазон основных регулируемых параметров процесса шприцевания колбасного фарша

- для давления шприцевания (давления продукта, который подается $P_{д.п.}$):
 $x_1(+1)=2,25$ МПа; $x_1(-1)=0,45$ МПа;

- для давления вакуумирования (предельно остаточного давления $P_{п.о.д.}$):
 $x_2(+1)=-0,80$ МПа; $x_2(-1)=-0,48$ МПа;

- для температуры фарша (T): $x_3(+1)=285$ К; $x_3(-1)=275$ К.

4. Экспериментальные данные, проверены статистическими методами на однородность, на адекватность с помощью F- критерия Фишера.

5. Построены графические зависимости между регулируемыми в процессе шприцевания факторами и характеристиками колбасного фарша.

Найденные в 3-м разделе данные будут использованы в дальнейших разделах, для нахождения рациональных параметров в процессе шприцевания колбасного фарша в активном эксперименте, с помощью методики Бокса-Уилсона.

Основные результаты этого раздела опубликованы в [77-79].

РАЗДЕЛ 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ШПРИЦЕВАНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАС

4.1. Характеристика факторного пространства ПФЭ³

Среди параметров, подлежащих оптимизации, имеются такие, для которых желательно увеличение их значение (положительное направление), а также, для которых желательно снижение их значение (отрицательное направление).

К первой группе относятся: органолептическая оценка, ВПС фарша, ВУС фарша, ЖУС фарша, эффективная вязкость, эффективное напряжение сдвига, МД белка, выход готовой продукции к массе сырья. Ко второй группе относятся: объемная деформация, МД влаги, количество МАФАНМ, количество БГКП. Размер факторного эксперимента был определен в пункте 3.4.

Факторами - аргументами x_i , которые влияют на исходные параметры оптимизации y_i служат параметры технологического процесса шприцевания [142]: x_1 - давление продукта, который подается (МПа); x_2 - предельное остаточное давление (МПа); x_3 - температура фарша (К).

Давление подачи продукта (давление шприцевания), создается и регулируется эксцентриково-лопастным вытеснителем. Максимальное значение давления фаршевого насоса для шприца Duker REX RVF 760 составляет $P_{п.п.} = 4,5$ МПа, согласно характеристик оборудования (табл. Ж.1). Для измерения избыточного давления используется манометр.

Предельное остаточное давление (давление вакуумирования) регулируется с помощью вакуумного насоса, который обеспечивает вакуум от 0 до 100%, что соответствует $P_{п.о.д.} = -0,80$ МПа. Для измерения вакуумметричного давления используется вакуумметр.

Температуру фарша поддерживали с помощью холодильной камеры - камеры отстоя. Измеряли температуру фарша непосредственно термометром электронного типа «Замер-1 исп.1».

Характеристика факторного пространства приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Уровни и интервал варьирования факторов

Фактор		Наименование фактора	Размерность	Уровни факторов			
				Верхний	Нижний	Нулевой	Шаг
				+1	-1	0	-
$P_{д.п.}$	x_1	Давление продукта, который подается	МПа	2,25	0,45	1,35	0,90
$P_{н.о.д.}$	x_2	Предельное остаточное давление	МПа	-0,80	-0,48	-0,64	-0,16
T	x_3	Температура	К	285	275	280	5

План проведения экстремального эксперимента представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Матрица плана эксперимента 2^3 в натуральных значениях

Порядок проведения опытов	Случайный порядок реализации опытов	x_1		x_2		x_3	
		Давление продукта, который подается, МПа		Предельное остаточное давление, МПа		Температура, К	
1	4, 16	-1	0,45	-1	-0,48	-1	275
2	12, 2	1	2,25	-1	-0,48	-1	275
3	3, 7	-1	0,45	1	-0,80	-1	275
4	14, 15	1	2,25	1	-0,80	-1	275
5	8, 9	-1	0,45	-1	-0,48	1	285
6	13, 1	1	2,25	-1	-0,48	1	285
7	11, 5	-1	0,45	1	-0,80	1	285
8	6, 10	1	2,25	1	-0,80	1	285

Чтобы исключить влияние неуправляемых факторов (z_i, k_i) опыты повторяют и рандомизируют. Для этого использовали таблицу случайных чисел (табл. Д.1).

Значение (уровни) факторов зададим в относительных (кодируемых) величинах. Максимальный уровень фактора равен +1, минимальный - 1 и средний 0 [19].

4.2. Определение функции отклика параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас

Органолептические показатели вареных колбас (y_1)

Дегустационная комиссия была создана из числа специалистов предприятия, с учетом их индивидуальной чувствительности и способности устанавливать специфические отличия в цвете, вкусе, запахе, аромате и консистенции образцов мясных продуктов. Для определения органолептических показателей был выбран фарш сосисок «Премьера» и фарш сосисок «Йогуртовые».

Результаты оценки дегустаторов [78, 139] обобщали (табл. 4.3.) с помощью среднего арифметического.

Таблица 4.3

Обработка результатов по дегустационным карточкам

Номер опыта	Порядок реализации	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Среднее значение
1	04	4,31	4,18	3,97	4,32	4,52	3,90	4,20
	16	4,20	4,15	4,23	4,36	4,57	4,41	4,32
2	12	4,72	4,75	4,95	4,86	4,86	4,78	4,82
	02	4,66	4,71	4,93	4,97	4,88	4,65	4,80
3	03	4,92	4,93	4,94	4,75	4,74	4,82	4,85
	07	4,82	4,9	4,89	4,90	4,89	4,82	4,87
4	14	3,28	3,43	3,26	3,12	3,17	3,12	3,23
	15	3,43	3,59	3,43	3,18	3,34	3,13	3,35
5	08	3,45	3,40	3,18	3,32	3,52	3,41	3,38
	09	3,23	3,55	3,20	3,18	3,42	3,34	3,32
6	13	4,90	4,94	4,96	4,85	4,88	4,95	4,91
	01	4,85	4,95	4,98	4,97	4,90	4,93	4,93
7	11	4,94	4,78	4,89	4,91	4,86	4,90	4,88
	05	4,88	4,92	4,81	4,94	4,89	4,96	4,90
8	06	3,72	3,83	4,03	4,02	4,06	3,74	3,90
	10	3,21	4,87	4,05	4,12	4,07	2,96	3,88

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.1).

$$y_1 = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3 - 0,59x_1x_2 + 0,20x_1x_3 + 0,18x_2x_3 - 0,06x_1x_2x_3 \quad (4.1)$$

Анализ этого уравнение дает основание утверждать, что для повышения значения органолептической оценки колбасного фарша необходимо понижать давление подачи, температуру и повышать вакуум. Наиболее сильное влияние оказывает взаимодействие двух давлений (x_1, x_2).

Для интерпретации полученных результатов и практических расчетов пре-вращаем уравнение (4.3) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений (x_1, x_2, x_3) и их взаимодействий к натуральным значениям факторов ($P_{д.п}$ - давлени-е продукта, который подается; $P_{п.о.д.}$ - предельное остаточное давление, T - тем-пература фарша) :

$$x_1 = \frac{P_{д.п} - P_{д.п0}}{\Delta P_{д.п}}; \quad x_2 = \frac{P_{п.о.д.} - P_{п.о.д0}}{\Delta P_{п.о.д.}}; \quad x_3 = \frac{T - T_0}{\Delta T} \quad (4.2)$$

где $P_{д.п0}, P_{п.о.д0}, T_0$ – натуральные значения факторов на основных уровнях;
 $\Delta P_{д.п}, \Delta P_{п.о.д.}, \Delta T$ - значение интервалов варьирования факторов.

Таким образом:

$$x_1 = \frac{P_{д.п} - 1,35}{0,90}; \quad x_2 = \frac{P_{п.о.д.} - (-0,64)}{-0,16}; \quad x_3 = \frac{T - 280}{5}. \quad (4.3)$$

Рассчитано значение по (4.3) кодированных факторов через натуральные:

$$\begin{aligned} x_1 &= 1,11P_{д.п} - 1,5; \quad x_2 = -6,25P_{п.о.д.} - 4,00; \quad x_3 = 0,2T - 56,0; \\ x_1x_2 &= -6,94P_{д.п}P_{п.о.д.} - 4,44P_{д.п} + 9,38P_{п.о.д.} + 6,00; \\ x_1x_3 &= 0,22P_{д.п}T - 62,22P_{д.п} - 0,30T + 84,00; \\ x_2x_3 &= -1,25P_{п.о.д.}T + 350,00P_{п.о.д.} - 0,80T + 224,00; \\ x_1x_2x_3 &= -1,39P_{д.п}P_{п.о.д.}T + 388,89P_{д.п}P_{п.о.д.} - 0,89P_{д.п}T + \\ &+ 248,89P_{п.о.д.} + 1,88P_{п.о.д.}T - 525,00P_{п.о.д.} + 1,20T - 336,00 \end{aligned}$$

После подстановки их значений в (4.1), получим уравнение, описывающее зависимость органолептических показателей колбасных изделий, от натураль-ных значений факторов принимает вид:

$$\begin{aligned} O &= 77,97 - 24,02P_{д.п} + 87,03P_{п.о.д.} - 0,28T - \\ &- 18,04P_{д.п}P_{п.о.д.} + 0,09P_{д.п}T - 0,33P_{п.о.д.}T + 0,08P_{д.п}P_{п.о.д.}T, \text{ бал} \quad (4.5) \end{aligned}$$

Графическая зависимость органолептических свойств колбасных изделий от варьируемых факторов приведена на рис. 4.1.

Точка пересечения кривых в точке $O=4,23$ баллов, при $P_{п.п.}=1,43$ МПа, $P_{п.о.д.}=-0,67$ МПа, при всех возможных значениях T в диапазоне от $T=275$ К, до $T=285$ К. То есть, точка пересечения статистически незначащая для фактора x_3 - температура фарша, потому что все кривые температур сошлись в одной точке.

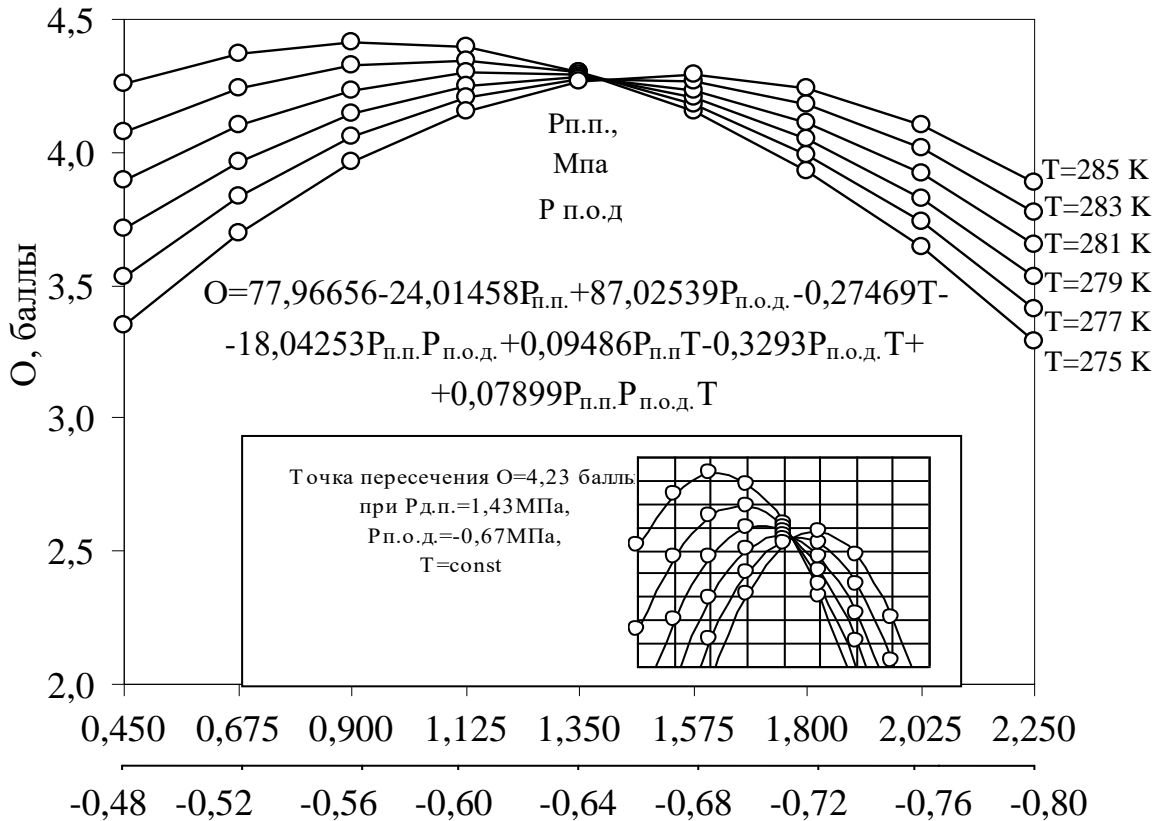


Рис. 4.1. Зависимость органолептических свойств колбасных изделий от варьируемых факторов.

Как видно из рисунка 4.1, наибольшее значение органолептической оценки характерно для точки - 4,415 балла, при значениях существующих факторов $P_{п.п.}=0,9$ МПа, $P_{п.о.д.}=-0,56$ МПа, $T=275$ К.

Статистическую обработку следующих результатов эксперимента проводили по методике, изложенной в приложении (Б).

В результате полученные функции регрессии в кодируемых и натуральных значениях варьируемых факторов, которые адекватно описывают влияние статистически значимых факторов на параметр оптимизации.

Влагопоглощающая способность фарша (y_2). Найденные результаты 2-х

параллельных опытов для ВПС фарша по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.7.

После статистической обработки данных получено адекватное уравнение регрессии вида (4.6):

$$y_2 = 50,68 + 1,07x_1 + 4,62x_2 - 1,99x_3 + 3,53x_1x_2 \quad (4.6)$$

Для практических расчетов полученные результаты пересчитаем уравнение (4.6) по формуле перехода (Б.19) кодируемые значения факторов (x_1, x_2, x_3) и их взаимодействие в натуральные значения ($P_{д.п.}, P_{п.о.д.}, T$):

$$VPS = 163,44 - 14,51P_{д.п.} + 4,24P_{п.о.д.} - 0,40T - 24,52P_{д.п.}P_{п.о.д.}, \% \quad (4.7)$$

Графическая зависимость ВПС фарша от факторов приведена на рис. 4.2.

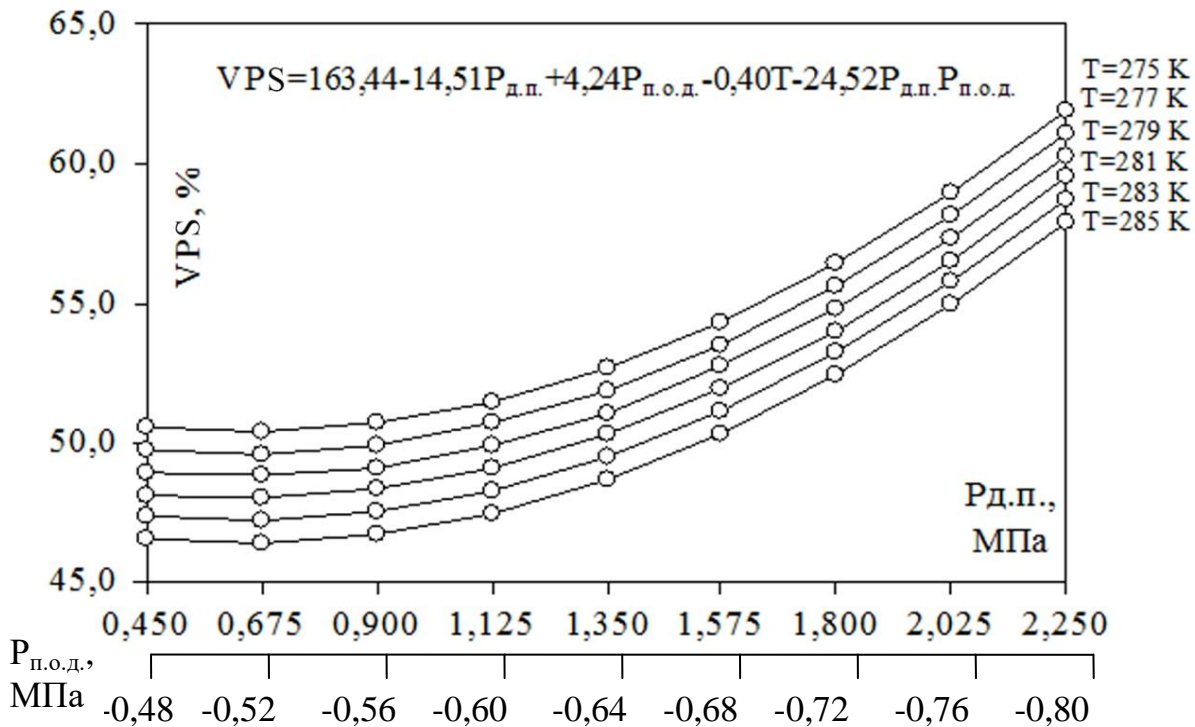


Рис. 4.2. Зависимость ВПС колбасного фарша от варьироваемых факторов.

Согласно полученным данным, для увеличения ВПС необходимо давление подачи фарша и остаточное давление (вакуум) необходимо повышать, а температуру фарша понижать. Наибольший эффект оказывает давление вакуума (x_2) и парный эффект давлений (x_1, x_2).

Влагоудерживающая способность фарша (y_3) Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта)

для ВУС фарша по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.9.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение В) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.8):

$$y_3 = 56,06 + 0,94x_1 + 0,87x_2 + 2,03x_1x_2 \quad (4.8)$$

Таким образом, уравнение (4.8) адекватно, так как отклонение Δy между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.8), во всех строках матрицы равняются нулю.

Графическая зависимость ВУС фарша от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.3.

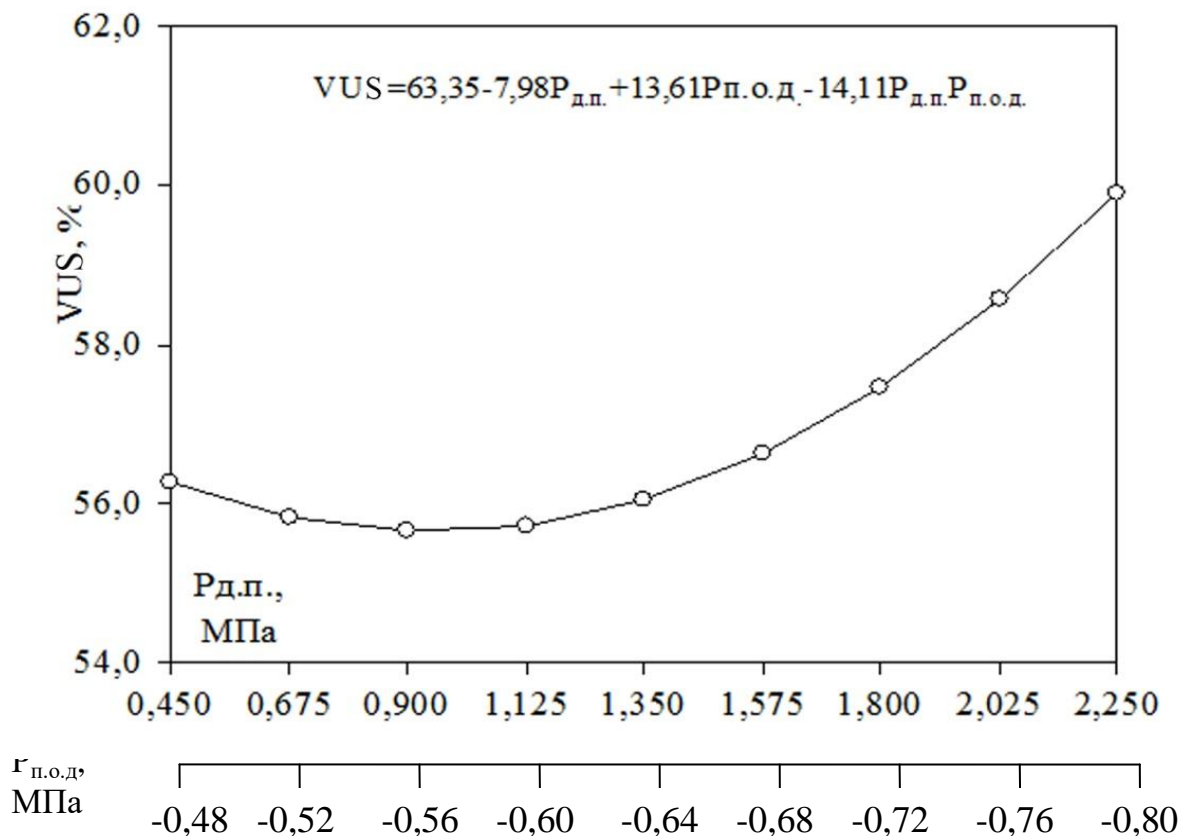


Рис. 4.3. Зависимость ВУС колбасного фарша от варьируемых факторов.

Согласно полученным данным (рис. 4.3) для увеличения ВУС фарша необходимо давление подачи продукта (x_1) и предельное остаточное давление (x_2) повышать. Эти два параметра (x_1 , x_2) оказывают наибольший эффект.

Температура фарша (x_3) - показатель, который статистически незначимо влияет на данный параметр оптимизации, потому имеем всего один график зави-

симости.

Жироудерживающая способность фарша (y_4). Полученные результаты (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) 2-х параллельных опытов для ЖУС фарша по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.11.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.10):

$$y_4 = 61,41 + 0,71x_1 + 0,60x_2 + 1,36x_3 + 1,95x_1x_2 - 1,24x_1x_3 - 2,43x_2x_3 + 1,77x_1x_2x_3 \quad (4.10)$$

Уравнение (4.10) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.10), во всех рядах матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.10) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$GUS = -1249,69 + 509,76P_{дп} - 1765,02P_{под} + 4,71T + 674,35P_{дп}P_{под} - 1,85P_{дп}T + 6,36P_{под}T - 2,46P_{дп}P_{под}T, \% \quad (4.11)$$

Графическая зависимость ЖУС фарша от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.4.

График имеет точку пересечения $JUS=62,58\%$, при $P_{дп}=1,80$ МПа, $P_{под}=0,72$ МПа, при всех возможных значениях T в диапазоне от $T=275$ К, до $T=285$ К. То есть, точка пересечения статистически незначительна для фактора x_3 - температура фарша.

Для увеличения ЖУС необходимо все три фактора: давление подачи (x_1), давление вакуумирования (x_2) и температуру фарша увеличивать. То есть статистически значительно влияют все варьируемые факторы, но наибольший эффект оказывает взаимодействие давление вакуумирования (x_2) и температура (x_3).

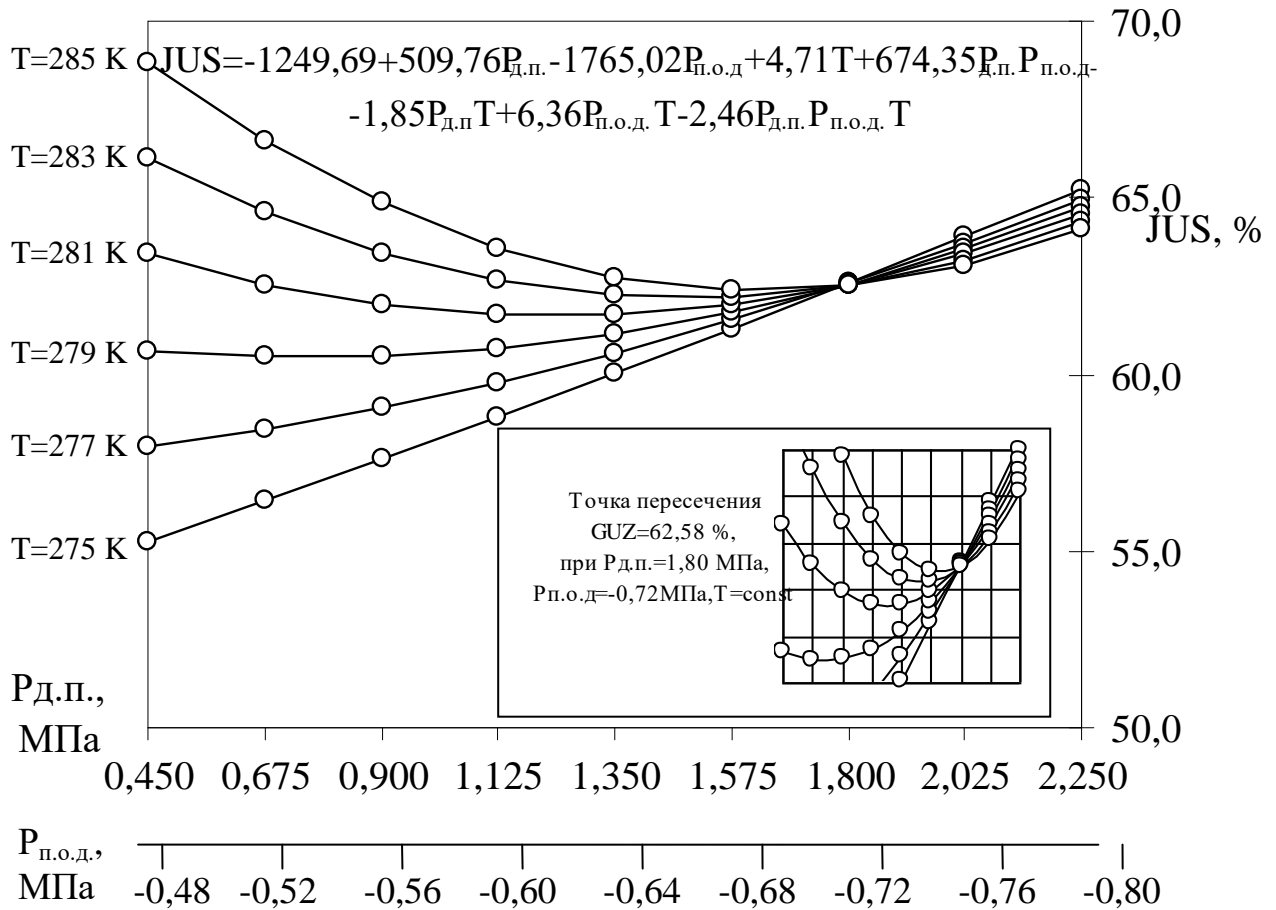


Рис. 4.4. Зависимость ЖУС колбасного фарша от варьируемых факторов

Эффективная вязкость фарша (y_5). Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для эффективной вязкости фарша по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.13.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.12):

$$y_5 = 723,25 + 18,50x_1 - 14,88x_2 - 34,75x_3 - 7,38x_1x_2 - 7,25x_1x_3 - 40,88x_2x_3 - 64,13x_1x_2x_3 \quad (4.12)$$

Таким образом, уравнение (4.12) адекватное, так как отклонения Δ_y между фактическими данными и по формуле (4.12), во всех рядах матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.12) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$\begin{aligned}
 V = & 14437,75 - 15455,56P_{\text{дп}} + 19383,20P_{\text{под}} - \\
 & - 49,03T - 24886,29P_{\text{дп}} P_{\text{под}} + 55,39P_{\text{дп}} T - \\
 & - 69,14P_{\text{под}} T + 89,06P_{\text{дп}} P_{\text{под}} T
 \end{aligned}
 \quad , \text{ Па}\cdot\text{с} \quad (4.13)$$

Графическая зависимость эффективной вязкости фарша от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.5

Анализируя полученное уравнение можно сделать заключение, что для увеличения показателя эффективной вязкости необходимо давление подачи продукта (x_1) увеличивать, а предельное остаточное давление (x_2) и температуру фарша (x_3) снижать.

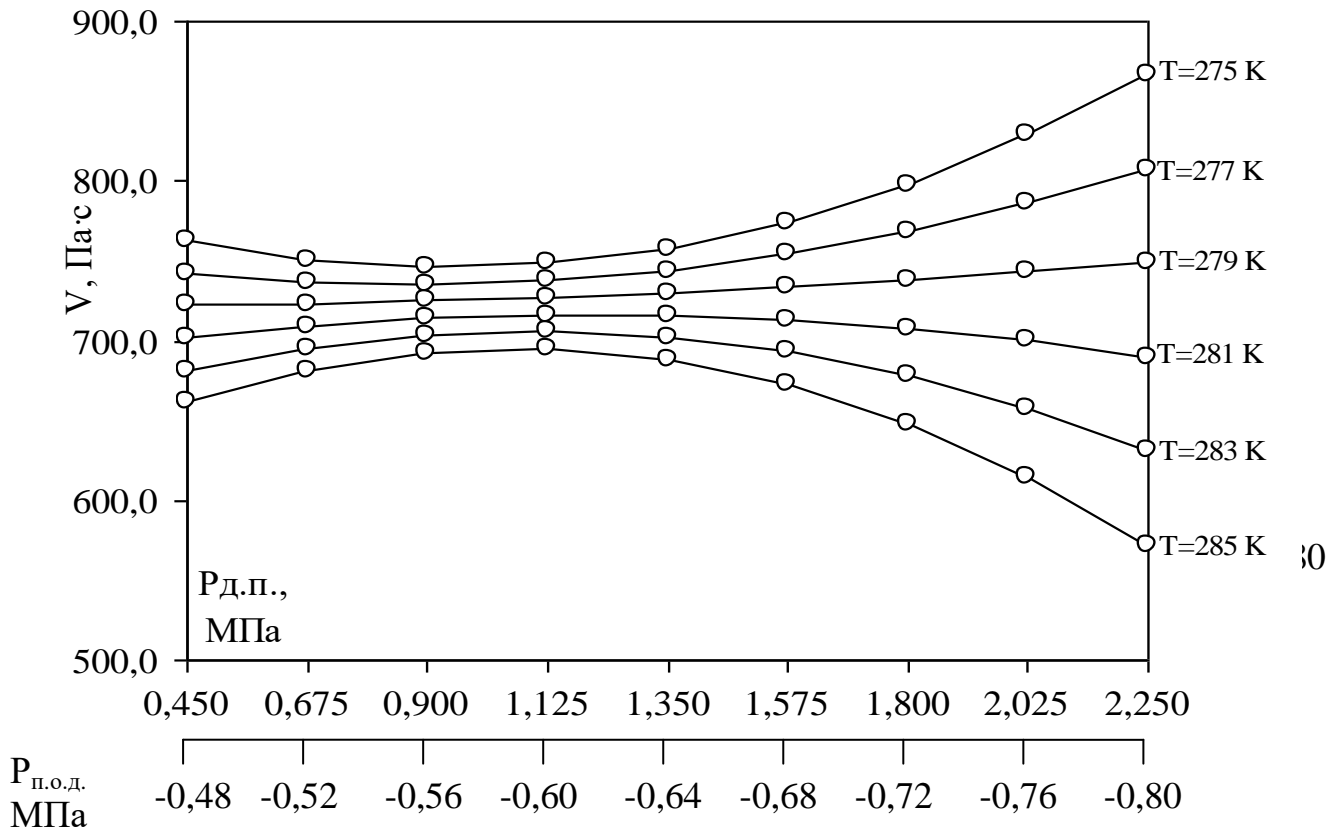


Рис. 4.5. Зависимость эффективной вязкости колбасного фарша от варьируемых факторов

На эффективную вязкость колбасного фарша статистически значительно влияют все варьируемые факторы, а также взаимодействие факторов $x_1x_2x_3$

Эффективное напряжение сдвига фарша (y_6). Полученные результаты 2-

х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для предельного напряжения сдвига фарша по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.15.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.14):

$$y_6 = 972,13 + 36,50x_1 + 28,25x_2 - 46,75x_3 + 8,88x_1x_2 - 58,63x_1x_3 - 4,88x_2x_3 - 43,00x_1x_2x_3 \quad (4.14)$$

Таким образом, уравнение (4.14) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.14), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.14) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$NS = 11907,13 - 7053,33P_{\text{дп}} + 20775,39P_{\text{под}} - 39,46T - 16783,85P_{\text{дп}} P_{\text{под}} + 25,19P_{\text{дп}} T - 74,53P_{\text{под}} T + 59,72P_{\text{дп}} P_{\text{под}} T \quad (4.15)$$

Графическая зависимость предельного напряжения сдвига фарша от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.6.

Для увеличения показателя предельное напряжения сдвига необходимо давление подачи продукта (x_1) и давление вакуумирования (x_2) увеличивать, температуру фарша (x_3) снижать.

Как свидетельствуют полученные данные, наибольшее влияние на предельное напряжение сдвига оказывает взаимодействие давление подачи фарша (x_1) и температура (x_3).

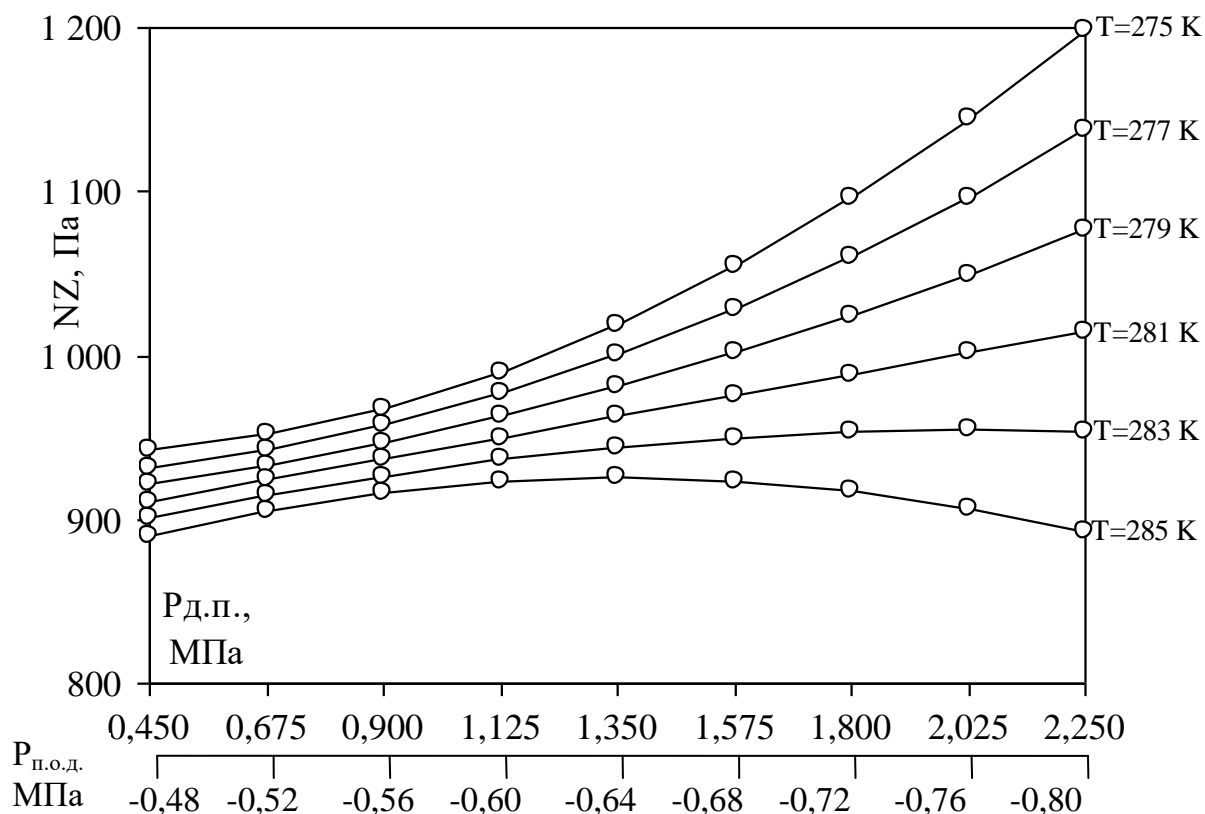


Рис. 4.6. Зависимость предельного напряжения сдвига от варьируемых факторов

Объемная деформация фарша (y_7). Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для предельного напряжения сдвига фарша по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.17.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.16):

$$y_7 = 10,57 - 0,98x_1 + 0,20x_2 + 0,23x_3 - 0,29x_1x_2 - 0,36x_1x_3 - 0,37x_2x_3 + 0,26x_1x_2x_3 \quad (4.16)$$

Таким образом, уравнение (4.16) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными по формуле (4.16), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.16) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимо-

действий к натуральным значениям факторов:

$$\begin{aligned}
 OD = & -202,66 + 86,18P_{\text{д.п.}} - 268,50P_{\text{п.о.д.}} + \\
 & + 0,76T + 101,81P_{\text{д.п.}}P_{\text{п.о.д.}} - 0,31P_{\text{д.п.}}T + \quad , \% \quad (4.17) \\
 & + 0,94P_{\text{п.о.д.}}T - 0,36P_{\text{д.п.}}P_{\text{п.о.д.}}T
 \end{aligned}$$

Графическая зависимость объемной деформации фарша от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.7

Точка пересечения кривых $OD=10,23\%$, при $P_{\text{д.п.}}=1,68$ МПа, $P_{\text{п.о.д.}}=-0,71$ МПа, при всех T от $T=275\text{K}$, до $T=285\text{K}$. То есть, точка пересечения статистически незначительная для фактора x_3 - температура фарша.

Анализируя полученные данные можно утверждать, что на повышения оценки объемной деформации колбасного фарша эффективно влияет взаимодействие двух факторов давления вакуумирования (x_2) и температура (x_3). При этом давление подачи продукта необходимо (x_1) снижать, а давление вакуумирования (x_2) и температуру (x_3) фарша повышать.

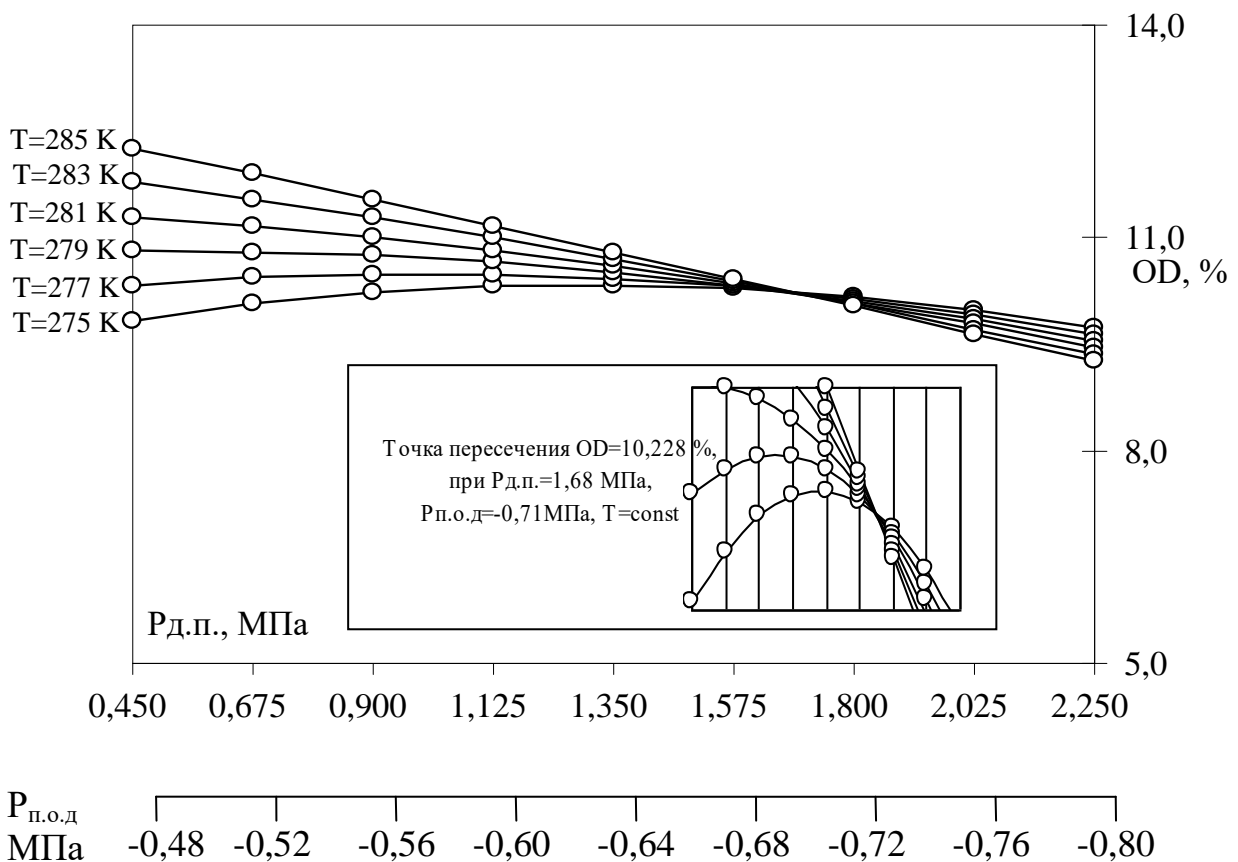


Рис. 4.7. Зависимость объемной деформации фарша от варьируемых факторов

Массовая доля белка в колбасном изделии (y_8). Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для МД белка в фарше по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.19.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.18):

$$y_8 = 15,11 + 0,10x_1 + 0,18x_2 - 0,33x_3. \quad (4.18)$$

Таким образом, уравнение (4.18) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.18), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.18) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$B = 32,71 + 0,11P_{п.п.} - 1,14P_{п.о.п.} - 0,07T, \% \quad (4.19)$$

Графическая зависимость МД белка в фарше от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.8.

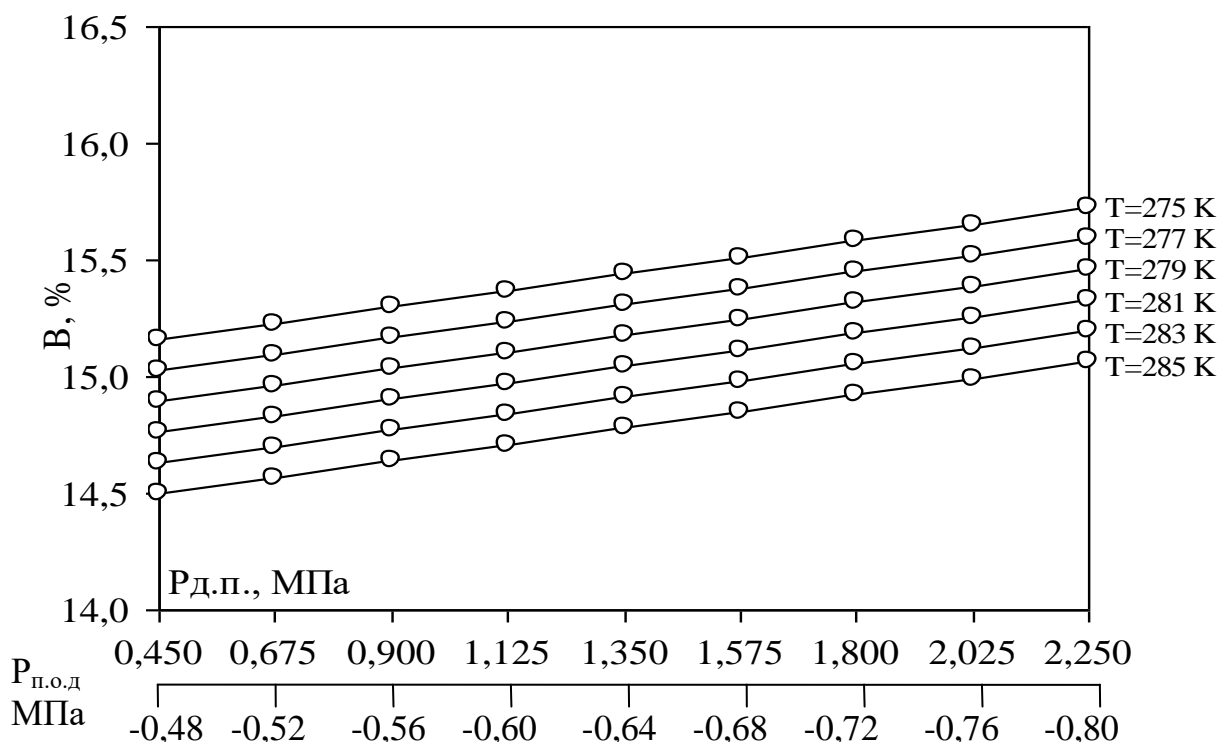


Рис. 4.8. Зависимость МД белка от варьируемых факторов.

Для увеличения МД белка необходимо давление подачи фарша (x_1) и предельное остаточное давление (вакуум) (x_2) повышать, а температуру фарша (x_3) понижать.

Массовая доля влаги в колбасном изделии (y_9).

Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для МД влаги в фарше по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.21.

Как свидетельствуют полученные данные, на МД влаги статистически значительно влияют все варьируемые факторы, кроме x_1 , и парное взаимодействие x_2x_3 .

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.20):

$$y_9 = 58,05 + 0,54x_2 + 0,64x_3 - 0,33x_2x_3 \quad (4.20)$$

Таким образом, уравнение (4.20) адекватное, так как отклонения Δ_y между фактическими данными и данными за формулой (4.20), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.20) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$V_1 = -52,60 - 117,11P_{\text{п.о.д.}} + 0,39T + 0,41P_{\text{п.о.д.}} T, \% \quad (4.21)$$

Графическая зависимость МД влаги в фарше от варьируемых факторов имеет линейную форму, которая приведена на рис. 4.9.

Для увеличения МД влаги необходимо давление вакуумирования (x_2) и температуру фарша (x_3) повышать.

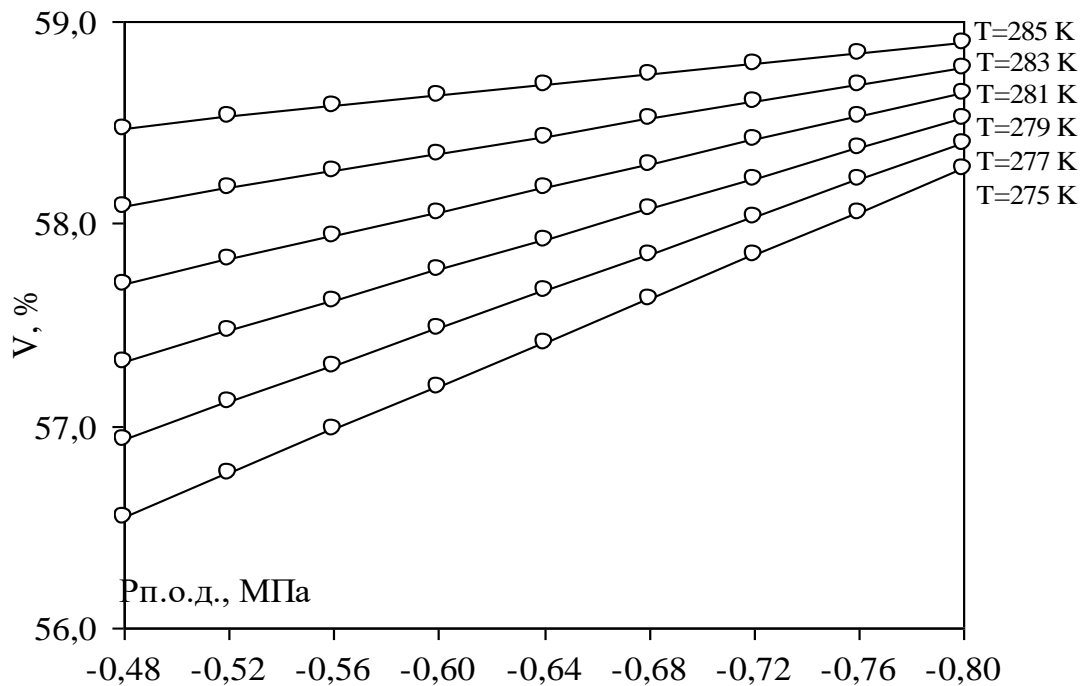


Рис. 4.9. Зависимость МД влаги от варьируемых факторов.

Количество МАФАНМ, в 1 г продукта. (y_{10}). Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для МАФАНМ в фарше по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.23

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида(4.22):

$$y_{10} = 556,00 - 29,88x_1 - 9,25x_2 + 15,25x_3 - 29,38x_1x_2 - 35,50x_2x_3 \quad (4.22)$$

Таким образом, уравнение (4.22) адекватное, так как отклонения Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.22), во всех сроках матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.22) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$\begin{aligned} \text{MAFanM} = & -8344,44 + 97,36P_{\text{д.п.}} - 12642,58P_{\text{п.о.д.}} + \\ & + 31,45T + 203,99P_{\text{д.п.}}P_{\text{п.о.д.}} + 44,38P_{\text{п.о.д.}}T \quad , \text{КОЕ/см}^3 \quad (4.23) \end{aligned}$$

Графическая зависимость МАФАНМ в фарше от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.10.

Точка пересечения кривых МАФАНМ=534,11, при $P_{\text{д.п.}}=1,72$ МПа, $P_{\text{п.о.д.}} = -0,71$ МПа, при всех возможных значениях T в диапазоне от $T=275$ К, до $T=285$ К. То есть, точка пересечения статистически незначительная для фактора x_3 - температура фарша, потому что все кривые температур сошлись в одной точке.

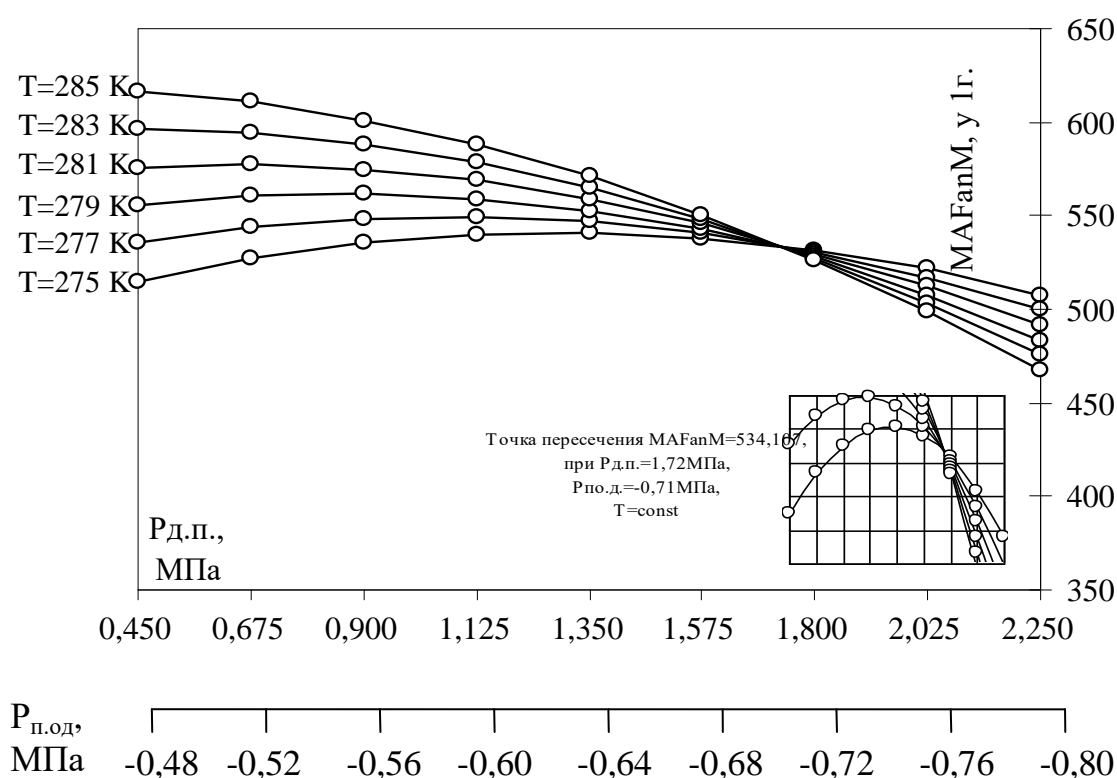


Рис. 4.10. Зависимость МАФАНМ в фарше от варьируемых факторов.

Для повышения оценки показателя необходимо давление подачи фарша (x_1) и давление вакуумирования (x_2) понижать, а наибольший эффект дает взаимодействие двух параметров, давление вакуумирования (x_2) и температура (x_3).

Количества БГКП, в 1 г продукта (y_{11}). Согласно первичным данным на количество БГКП в 1 г продукта статистически незначительно повлияли все варьируемые факторы.

Выход готовой продукции к массе сырья (y_{12}). Полученные результаты 2-х параллельных опытов (среднее арифметическое значение и дисперсия каждого опыта) для выхода готовой продукции к массе сырья по методике (Приложение Е) внесены в табл. Е.25.

После статистической обработки данных согласно методике (Приложение Б) по формулам (Б.1-Б.19) получено адекватное уравнение регрессии вида (4.24):

$$y_{12} = 110,88 + 4,28x_1 + 1,32x_2 - 1,83x_3 + 2,06x_1x_2 + 2,25x_2x_3 - 4,78x_1x_2x_3 \quad (4.24)$$

Как свидетельствуют полученные данные, на выход готовой продукции к массе сырья статистически значимо влияют все варьируемые факторы, а также их взаимодействие.

Таким образом, уравнение (4.24) адекватное, так как отклонения Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.24), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для практических расчетов полученные результаты пересчитываем уравнение (4.24) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых значений и их взаимодействий к натуральным значениям факторов:

$$Vg = 2325,40 - 1195,00Р_{дп.} + 3310,42Р_{п.о.д.} - 7,91Т - 1874,62Р_{дп.}Р_{п.о.д.} + 4,25Р_{д.п.}Т - 11,78Р_{п.о.д.}Т + 6,64Р_{д.п.}Р_{п.о.д.}Т, \% \quad (4.25)$$

Графическая зависимость выхода готовой продукции к массе сырья в фарше от варьируемых факторов имеет нелинейную форму, которая приведена на рис. 4.11.

Анализируя полученные данные для повышения оценки показателя необходимо давление подачи фарша и остаточное давление (вакуум) необходимо повышать, а температуру фарша понижать. Наибольший эффект оказывает взаимодействие трех факторов (x_1, x_2, x_3).

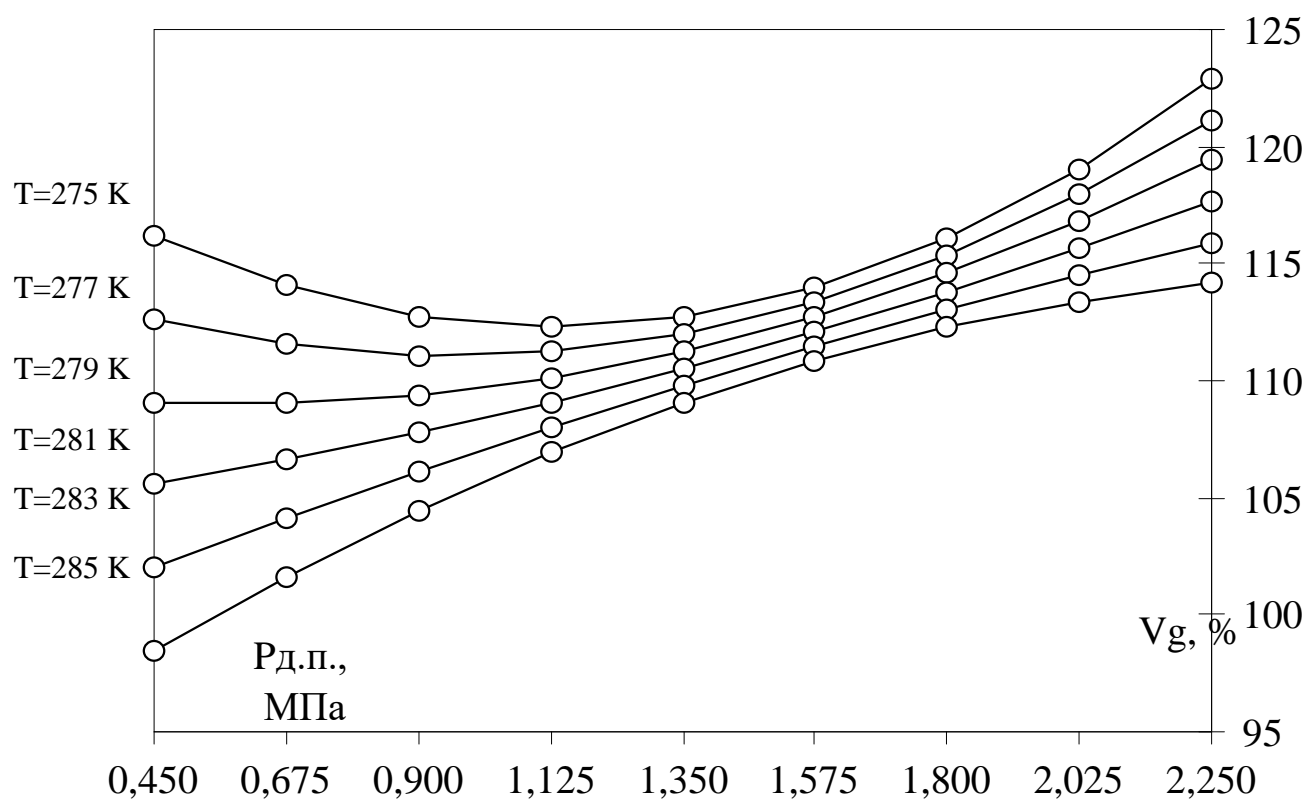


Рис. 4.11. Зависимость выхода готовой продукции к массе сырья от варьируемых факторов.

С целью оценки отклонений параметров оптимизации от их средних значений для каждого ряда матрицы планирования была определена дисперсия опыта по данным n параллельных опытов (табл. 4.4).

Вычисленная по формуле (В.6) ошибка опыта позволяет оценить степень рассеяния и достоверность проведенных опытов. Большое рассеяние изучаемой величины может состояться из-за наличия в эксперименте опытов, которые дали сомнительные результаты.

Дисперсия S_j^2 параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас

Номер опыта	<i>O, балл</i>	<i>VPS%,</i>	<i>VUS,%</i>	<i>JUS,%</i>	<i>V, Па·с</i>	<i>NS,Па</i>	<i>OD,%</i>	<i>B,%</i>	<i>VI,%</i>	<i>MAFAnM</i>	<i>BGPK</i>
1	0,0072	2,420	2,420	2,205	648,0	2112,5	0,00980	0,02000	0,020	98,0	4,96125
2	0,0002	3,380	0,180	0,980	18,0	1568,0	0,23805	0,08000	0,020	242,0	9,28805
3	0,0002	0,080	0,080	4,805	84,5	72,0	0,04205	0,05780	1,125	420,5	8,44605
4	0,0072	2,880	2,880	2,880	84,5	32,0	0,01280	0,00245	2,880	40,5	6,40820
5	0,0018	6,125	0,125	0,405	144,5	128,0	0,04500	0,00845	0,080	684,5	8,61125
6	0,0002	0,180	0,180	3,125	32,0	98,0	0,26281	0,00180	0,125	144,5	25,56125
7	0,0002	0,080	0,180	3,125	128,0	72,0	0,00845	0,08820	0,020	760,5	9,28805
8	0,0002	6,480	6,480	2,000	112,5	180,5	0,00845	0,01280	0,180	1984,5	22,71380
$\sum_{j=1}^8 S_j^2$	0,0172	21,625	12,525	19,525	1252,0	4263,0	0,62741	0,2715	4,45	4375	95,2779

Полученные результаты доверительных интервалов и коэффициенты регрессии параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас сведены в таблицы 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5

Доверительный интервал Δ_{bi} параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас

Доверительный интервал	<i>O</i> , балл	<i>VPS</i> %,	<i>VUS</i> , %	<i>JUS</i> , %	<i>V</i> , Па·с	<i>NS, П</i> <i>a</i>	<i>OD</i> ,%	<i>B</i> ,%	<i>VI</i> ,%	<i>MA-FAnM</i>	<i>BGPK</i>
Δ_{bi}	0,014	0,57	0,44	0,55	18,5	4,08	0,1	0,06	0,26	8,19	1,21

Полученные доверительные интервалы параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас используются для проверки значимости коэффициентов b_0 , b_1 , b_{i1} . При этом сравнивается абсолютная величина коэффициента с доверительным интервалом. Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

Проверенные на значимость коэффициенты регрессии параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас сведены в таблицу 4.6

Таблица 4.6

Коэффициенты регрессии параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас

b_j	<i>O</i> , балл	<i>VPS</i> %,	<i>VUS</i> , %	<i>JUS</i> , %	<i>V</i> , Па·с	<i>NS, Па</i>	<i>OD</i> ,%	<i>B</i> ,%	<i>VI</i> ,%	<i>MAFAnM</i>	<i>BGPK</i>
b_0	4,28	50,68	56,06	61,41	723,25	972,13	10,57	15,11	58,05	556,00	110,88
b_1	0,06	1,07	0,94	0,71	18,50	36,50	-0,98	0,10	0,21	-29,88	4,28
b_2	0,05	4,62	0,87	0,60	-14,88	28,25	0,20	0,18	0,54	-9,25	1,32
b_3	0,02	-1,99	-0,37	1,36	-34,75	-46,75	0,23	-0,33	0,64	15,25	-1,83
b_{12}	-0,59	3,53	2,03	1,95	-7,38	8,88	-0,29	-	-	-29,38	2,06

b_{13}	0,20	-	-	-1,24	-7,25	-58,63	-0,35	-	-	-	-
b_{23}	0,18	-	-	-2,43	-40,88	-4,88	-0,37	-	-0,33	-35,50	2,25
b_{123}	-0,06	-	-	1,77	-64,13	-43,00	0,26	-	-	-	-4,78

Коэффициенты регрессии b_0 , b_i , b_{ij} позволяют получить функцию отклика параметра оптимизации (в кодированных значениях). Интерпретация влияния факторов на параметры оптимизации в кодируемых значениях представлена в таблице 4.7.

Анализ приведенных данных (табл. 4.6-4.7) позволяет констатировать следующее:

- давление подаваемого продукта (x_1), необходимо повышать для 7 параметров оптимизации, для 2-х параметров (МД влаги, количество БГКП) влияние статистически незначимо; для трех параметров - органолептическая оценка, объемная деформация и количество МАФАНМ, необходимо снижать;

- предельно остаточное давление (x_2) необходимо повышать для 9 параметров оптимизации, для одного параметра (количество БГПК в колбасном фарше) влияние статистически незначимо, для 2-х параметров оптимизации его необходимо снижать;

- температура колбасного фарша - статистически незначимый фактор только для двух параметров - количества БГПК и ВУС колбасного фарша. Температуру необходимо снижать для 6 параметров оптимизации, повышать для четырех параметров - ЖУС колбасного фарша, объемная деформация, МД влаги, МАФАНМ в фарше.

Таблица 4.7

Интерпретация влияния факторов на параметры оптимизации в кодируемых значениях					
Наименование параметра	Направление оптимизации	x_1	x_2	x_3	Функция отклика параметра оптимизации, в кодируемых значениях
Органолептическая оценка	увеличение(↑)	↓	↑	↓	$y_1 = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3 - 0,59x_1x_2 + 0,20x_1x_3 + 0,18x_2x_3 - 0,06x_1x_2x_3$
ВПС фарша	увеличение(↑)	↑	↑	↓	$y_2 = 50,68125 + 1,06875x_1 + 4,61875x_2 - 1,99375x_3 + 3,53125x_1x_2$
ВУС фарша	увеличение (↑)	↑	↑	с. н.	$y_3 = 56,06 + 0,94x_1 + 0,87x_2 + 2,03x_1x_2$
ЖУС фарша	увеличение (↑)	↑	↑	↑	$y_4 = 61,41 + 0,71x_1 + 0,60x_2 + 1,36x_3 + 1,95x_1x_2 - 1,24x_1x_3 - 2,43x_2x_3 + 1,77x_1x_2x_3$
Эффективна вязкость	увеличение (↑)	↑	↓	↓	$y_5 = 723,25 + 18,50x_1 - 14,88x_2 - 34,75x_3 - 7,38x_1x_2 - 7,25x_1x_3 - 40,88x_2x_3 - 64,13x_1x_2x_3$
Предельное напряжение сдвига	увеличение (↑)	↑	↑	↓	$y_6 = 972,125 + 36,5x_1 + 28,25x_2 - 46,75x_3 + 8,875x_1x_2 - 58,625x_1x_3 - 4,875x_2x_3 - 43x_1x_2x_3$
Объемная деформация	уменьшение (↓)	↓	↑	↑	$y_7 = 10,57 - 0,98x_1 + 0,20x_2 + 0,23x_3 - 0,29x_1x_2 - 0,36x_1x_3 - 0,37x_2x_3 + 0,26x_1x_2x_3$
МД белка	увеличение (↑)	↑	↑	↓	$y_8 = 15,11 + 0,10x_1 + 0,18x_2 - 0,33x_3$
МД влаги	уменьшение (↓)	с. н.	↑	↑	$y_9 = 58,05 + 0,54x_2 + 0,64x_3 - 0,33x_2x_3$
Количество МАФАНМ	уменьшение (↓)	↓	↓	↑	$y_{10} = 556,00 - 29,88x_1 - 9,25x_2 + 15,25x_3 - 29,38x_1x_2 - 35,50x_2x_3$
Количество БГКП	уменьшение (↓)	с. н.			
Выход готовой продукции к массе сырья	увеличение (↑)	↑	↑	↓	$y_{12} = 110,88 + 4,28x_1 + 1,32x_2 - 1,83x_3 + 2,06x_1x_2 + 2,25x_2x_3 - 4,78x_1x_2x_3$

Интерпретация влияния факторов на параметры оптимизации в натуральных значениях

	Условное обозначение	Ед. измерения	Наименование параметра	Формула, в натуральных значениях
y_1	O	балл	Органолептическая оценка	$O = 77,97 - 24,02P_{пл} + 87,03P_{под} - 0,28T - 18,04P_{пл}P_{под} + 0,09P_{пл}T - 0,33P_{под}T + 0,08P_{пл}P_{под}T$
y_2	VPS	%	ВПС фарша	$VPS = 163,44 - 14,51P_{пл} + 4,24P_{под} - 0,40T - 24,52P_{пл}P_{под}$
y_3	VUS	%	ВУС фарша	$VUS = 63,35 - 7,98P_{пл} + 13,61P_{под} - 14,11P_{пл}P_{под}$
y_4	JUS	%	ЖУС фарша	$GUS = -1249,69 + 509,76P_{пл} - 1765,02P_{под} + 4,71T + 674,35P_{пл}P_{под} - 1,85P_{пл}T + 6,36P_{под}T - 2,46P_{пл}P_{под}T$
y_5	V	Па·с	Эффективная вязкость	$V = 14437,75 - 15455,56P_{пл} + 19383,20P_{под} - 49,03T - 24886,29P_{пл}P_{под} + 55,39P_{пл}T - 69,14P_{под}T + 89,06P_{пл}P_{под}T$
y_6	NS	Па	Предельное напряжение сдвига	$NS = 11907,13 - 7053,33P_{пл} + 20775,39P_{под} - 39,46T - 16783,85P_{пл}P_{под} + 25,19P_{пл}T - 74,53P_{под}T + 59,72P_{пл}P_{под}T$
y_7	OD	%	Объемная деформация	$OD = -202,66 + 86,18P_{пл} - 268,50P_{под} + 0,76T + 101,81P_{пл}P_{под} - 0,31P_{пл}T + 0,94P_{под}T - 0,36P_{пл}P_{под}T$
y_8	B	%	МД белка	$B = 32,71 + 0,11P_{пл} - 1,14P_{под} - 0,07T$
y_9	VI	%	МД влаги	$VI = -52,60 - 117,11P_{пл} + 0,39T + 0,41P_{под}T$
y_{10}	$MAFanM$		Количество МА-ФАНМ	$MAFanM = -8344,44 + 97,36P_{пл} - 12642,58P_{под} + 31,45T + 203,99P_{пл}P_{под} + 44,38P_{под}T$
y_{11}	$BGPK$		Количество БГКП	С. Н.
y_{12}	Vg	%	Выход готовой продукции к массе сырья	$Vg = 2325,40 - 1195,00P_{пл} + 3310,42P_{под} - 7,91T - 1874,62P_{пл}P_{под} + 4,25P_{пл}T - 11,78P_{под}T + 6,64P_{пл}P_{под}T$

4.3. Выводы по разделу

1. Изучено влияние на процесс шприцевания колбасного фарша таких показателей как: давление подачи фарша (x_1); предельное остаточное давление (x_2); температура фарша (x_3). В качестве параметров оптимизации процесса приняты физические, химические, органолептические и микробиологические показатели качества.

2. Установлено, что выбранное факторное пространство в полной мере отвечает нашим ожиданиям, которые основывались на поиске необходимых диапазонов на выбранные параметры оптимизации.

3. Проведенные экспериментальные исследования по данным условиям позволили найти математические модели процесса шприцевания колбасного фарша, которые необходимы для оптимизации процесса и стабилизации показателей качества готовой продукции.

4. Получены функции регрессии в кодируемых и натуральных значениях варьируемых факторов, которые адекватно описывают влияние статистически значимых факторов на параметр оптимизации.

5. Определены направления движения к оптимуму характеристики качества колбасного фарша: для восьми оно положительное (движение вверх) для четырех – отрицательное (движение вниз).

6. Определены направления оптимизации параметров для давление подаваемого продукта (x_1), предельно остаточное давления (x_2), температуры колбасного фарша.

Следовательно, проведенное комплексное исследования подтверждает поиск рациональных характеристик оборудования, для улучшения показателей качества готового продукта. Основные результаты раздела опубликованы в [77, 78, 139, 140].

РАЗДЕЛ 5

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ ПРОЦЕССА ШПРИЦЕВАНИЯ ВАРЕННЫХ КОЛБАС

При оптимизации технологических процессов возникает необходимость в одновременном рассмотрении нескольких параметров оптимизации. В этом случае параметры, характеризующие объект исследования, необходимо каким-либо способом объединять, то есть переходить к обобщенному показателю, и этот обобщенный показатель может служить параметром оптимизации.

5.1. Обобщенный параметр оптимизации процессов производства вареных колбас

Поскольку каждый параметр оптимизации имеет свой физический смысл и свою размерность (табл. 5.1), для того, чтобы их объединить для каждого из них надо применять некоторую однотипную (безразмерную) шкалу.

Таблица 5.1

Натуральные значения частичных отзывов

№	<i>O</i> , балл	<i>VPS</i> %	<i>VUS</i> , %	<i>JUS</i> , %	<i>V</i> , Па·с	<i>NS, Па</i>	<i>OD</i> , %	<i>B</i> , %	<i>VI</i> , %	<i>MA- FAnM</i>	<i>BG PK</i>	<i>Vg</i> , %
1	4,260	53,60	57,60	55,25	763,0	942,5	9,840	15,310	56,50	495,0	0	116,665
2	4,810	43,10	54,10	58,80	701,0	1029,0	9,695	15,310	56,60	534,0	0	110,605
3	4,860	50,70	50,70	60,95	701,5	905,0	12,075	15,460	58,25	645,5	0	101,125
4	3,290	63,30	63,30	65,20	866,5	1199,0	9,730	15,685	58,30	488,5	0	122,420
5	3,350	43,45	54,95	68,85	661,5	890,0	12,270	14,275	57,80	636,5	0	98,005
6	4,925	44,10	54,10	60,35	827,0	914,0	9,678	14,820	59,15	595,5	0	112,955
7	4,890	50,70	57,20	57,75	693,0	1005,0	11,995	14,990	58,80	566,5	0	110,605
8	3,890	56,50	56,50	64,10	572,5	892,5	9,255	15,040	59,00	486,5	0	114,640

Пусть объект характеризуют n собственных отзывов y_u , ($u=1,2, \dots, n$) и каждый отзыв измерен в N опытах, тогда y_{ui} - это значение u -го отзыва в i -ом опыте ($i=1,2, \dots, N$). Для каждого отзыва введем простое бинарное превращение по

шкале 0 или 1. Ноль - значение показателя, которое не удовлетворяет требованиям НД, - продукт бракованный; а единица - удовлетворяет требованиям НД, продукт качественен. Поскольку каждый преобразованный отзыв приобретает только два значения ноль и единица, потому обобщенный параметр оптимизации тоже будет приобретать только два значения [1], по формуле:

$$O_i = \prod_{u=1}^n y_{ui}, \quad (5.1)$$

где U_i - обобщенный параметр оптимизации в i -ом опыте;

y_{ui} - частные параметры оптимизации в i -ом опыте.

Используя условные обозначения показателей качества, которые в активном эксперименте поддавались оптимизации (таблица 4.7) и полученные результаты (таблица Е.2), получаем средние значения, которые внесены в табл. 5.1.

Для каждого отзыва введем следующие условия превращения:

$$O_i = \begin{cases} 1, & \text{если } O_i \geq 3,00 \\ 0, & \text{если } O_i < 3,00 \end{cases};$$

$$VPS_i = \begin{cases} 1, & \text{если } VPS_i \geq 40 \\ 0, & \text{если } VPS_i < 40 \end{cases};$$

$$VUS_i = \begin{cases} 1, & \text{если } VUS_i \geq 50 \\ 0, & \text{если } VUS_i < 50 \end{cases};$$

$$JUS_i = \begin{cases} 1, & \text{если } JUS_i \geq 60 \\ 0, & \text{если } JUS_i < 60 \end{cases};$$

$$V_i = \begin{cases} 1, & \text{если } V_i \geq 700 \\ 0, & \text{если } V_i < 700 \end{cases};$$

$$NS_i = \begin{cases} 1, & \text{если } NS_i \geq 900 \\ 0, & \text{если } NS_i < 900 \end{cases};$$

$$OD_i = \begin{cases} 1, & \text{если } OD_i \leq 10 \\ 0, & \text{если } OD_i > 10 \end{cases};$$

$$B_i = \begin{cases} 1, & \text{если } B_i \geq 10 \\ 0, & \text{если } B_i < 10 \end{cases};$$

$$V_l_i = \begin{cases} 1, & \text{если } V_l_i \leq 60 \\ 0, & \text{если } V_l_i > 60 \end{cases};$$

$$MAFanM_i = \begin{cases} 1, & \text{если } MAFanM_i \leq 1 \cdot 10^6 \\ 0, & \text{если } MAFanM_i > 1 \cdot 10^6 \end{cases};$$

$$BGPK_i = \begin{cases} 1, & \text{если } BGPK_i = 0 \\ 0, & \text{если } BGPK_i > 0 \end{cases};$$

$$Vg_i = \begin{cases} 1, & \text{если } Vg_i \geq 100 \\ 0, & \text{если } Vg_i < 100 \end{cases};$$

Из-за отсутствия требований НД критические (предельные) значения некоторых показателей качества колбасного фарша взяты исходя из логических и практических соображений.

Группа органолептических показателей, по пятибалльной шкале приобретает критическое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению - 3 балла. Образцы, которые будут иметь значение равное или больше критического $0 \geq 3$ балла будут отвечать требованиям нормативной документации, и при преобразовании в кодируемые все образцы будут иметь кодируемые значения, которые будут принимать значение равные единице. При значении $0 < 3$ балла все образцы будут иметь значения, которые будут равняться кодируемому нулю.

ВПС и ВУС фарша имеют критические значения, которые должны отвечать допустимому абсолютному значению, - 50 %. Абсолютное значение VPS (VUS) ≥ 50 % - устанавливает, что образцы будут принимать кодируемые значения равные единице, при значениях VPS (VUS) < 50 % качественные характеристики продукта будут иметь меньшую величину ВПС (ВУС) и кодируемые значения будут равны нулю.

ЖУС фарша приобретает критическое значение - 60 %. Абсолютное значение JUS ≥ 60 % - образцы будут принимать кодируемые значения на уровне единицы, при значениях JUS < 60 % качественные характеристики продукта будут иметь кодируемые значения на уровне нуля.

Согласно исследуемым реологическим данным, полученным в разделе 3, эффективная вязкость будет, имеет критическое значение – 700 Па·с. Образцы, которые имеют значение $V \geq 700$ Па·с, будут принимать кодируемые значения равные единице, при значениях $V < 700$ Па·с образцы не отвечают нашим требованиям, потому качественные характеристики продукта будут иметь кодируемые значения на уровне нуля.

Образцы, которые имеют значение предельное напряжения сдвига (текучесть фарша) $NS \geq 900$ Па, будут принимать кодируемые значения равные единице, при значениях $NS < 900$ Па образцы будут иметь кодируемые значения

Продолжение таблицы 5.2

2	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0
8	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0

Как видно в опыте № 4 и 6 - все функции отзыва отвечают установленным требованиям - значение обобщенного отзыва равняется единице. Хотя оптимальные условия для опыта №6: давление продукта, который подается, - 2,25 МПа; предельное остаточное давление - минус 0,48 МПа; температура - 285 К, а для опыта №4: давление продукта, который подается, - 2,25 МПа; предельное остаточное давление - минус 0,80 МПа; температура - 275 К.

Этот метод обобщения параметров оптимизации имеет недостаток. Он позволяет определить только качественно наилучшие условия реализации процесса, но не позволяет прогнозировать и управлять обобщенным параметром. Для количественного выражения обобщенного отзыва необходимо использовать другие методы.

Так, в работе [1] предложен метод объединения частных отзывов параметра оптимизации с помощью среднегеометрической величины.

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n D_i}, \quad (5.2)$$

де D – обобщенный отзыв;

n – количество параметров оптимизации;

D_i - безразмерное значение частного отзыва (отзыва i -го параметра).

Безразмерные величины частных отзывов получают превращением контролируемого показателя с помощью функции желательности Харрингтона:

$$D_i = \exp[-\exp(-Y_i)], \quad (5.3)$$

де Y_i - кодированное значение безразмерной шкалы (от - 3 до +3).

Можно использовать методы, разработанные квалиметрией - научным направлением, которое развивает теоретическую базу комплексной количественной оценки качества.

5.2. Обоснование комплексной количественной оценки качества начальных, промежуточных и конечных продуктов процесса шприцевания вареных колбас

Выраженные в разных единицах измерения абсолютные значения показателей качества невозможно непосредственно объединить в общий комплексный показатель без трансформации их к общей шкале. Наиболее перспективным считается способ, основанный на применении безразмерной шкалы желательности Харрингтона (Рис. 5.1), которая предусматривает 5 интервалов, в общем интервале шкалы от 1 до 0: 1,00.0,80 - очень хорошо (отлично); 0,80.0,63 - хорошо; 0,63...0,37 - удовлетворительно; 0,37.0,20 - плохо; 0,20.0,00 – очень плохо.

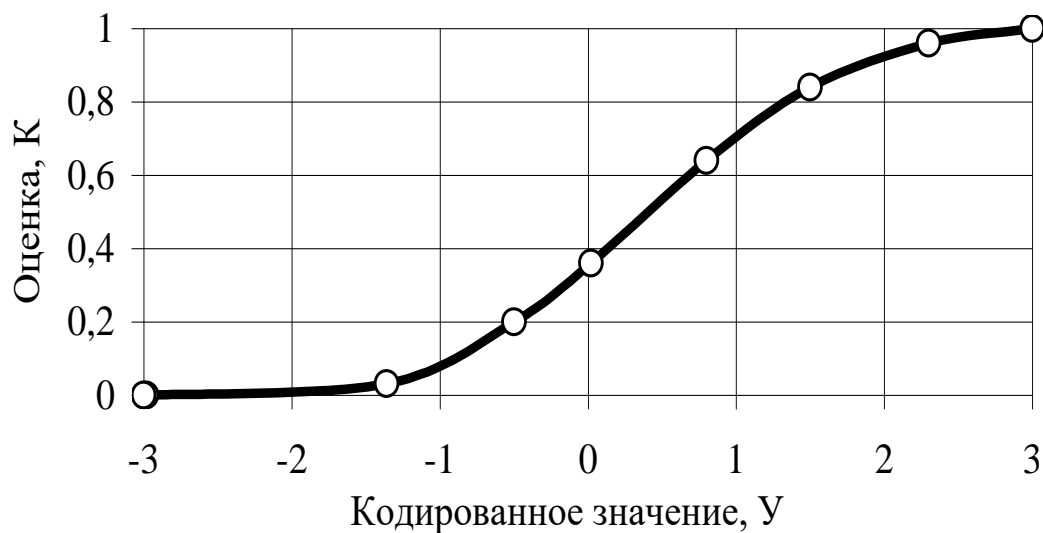


Рис. 5.1. График определения оценок нормируемых показателей качества [143]

При разработке конкретных методик и математических моделей для количественной оценки качества учтена научная база теоретической квалиметрии.

На стадиях процесса шприцевания колбасного фарша и оценки его качества целесообразно применять иерархическую структуру свойств небольшой высоты, но достаточно широкую, что позволит глубоко выучить механизм формирования тех или других показателей качества в технологическом процессе.

На рис. 5.2 представлена иерархическая структура нормируемых и ненормируемых показателей качества колбасного фарша, которые представлены следующими группами: физико-химические; структурно-механические; органолептические; микробиологические; технологические и другие показатели; токсичные элементы; радионуклиды.

Шкала узловых значений абсолютных показателей качества колбасного фарша представлена в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Шкала узловых значений показателей качества колбасного фарша

Название показателя, единица измерения	Оценка K_i					
	1,00	0,80	0,63	0,37	0,20	0,00
	Кодированное значение $У$					
	3,00	1,50	0,85	0,00	-0,50	-3,00
Физико-химические показатели						
МД белка, %	18	14	12	10	6	2
МД влаги, %	55	60	65	70	75	85
ВПС, %	74	66	58	50	40	30
ВУС, %	74	66	58	50	40	30
ЖУС, %	75	70	65	60	50	40
Структурно-механические показатели						
Эффективная вязкость, Па·с	1000	900	800	700	600	500
Предельное напряжение сдвига, Па	1600	1400	1200	900	800	700
Объемная деформация, %	1	4	7	10	15	20
Органолептические показатели						
Органолептическая оценка, балл	5,0	4,5	4,0	3,0	2	1,0
Микробиологические показатели						
Количество МАФАНМ, КОЕ в 1 г	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$
БГПК, в 1 г продукта	0	0	0	0	5	10
Выход готовой продукции к массе сырья, %	130	120	110	100	90	80

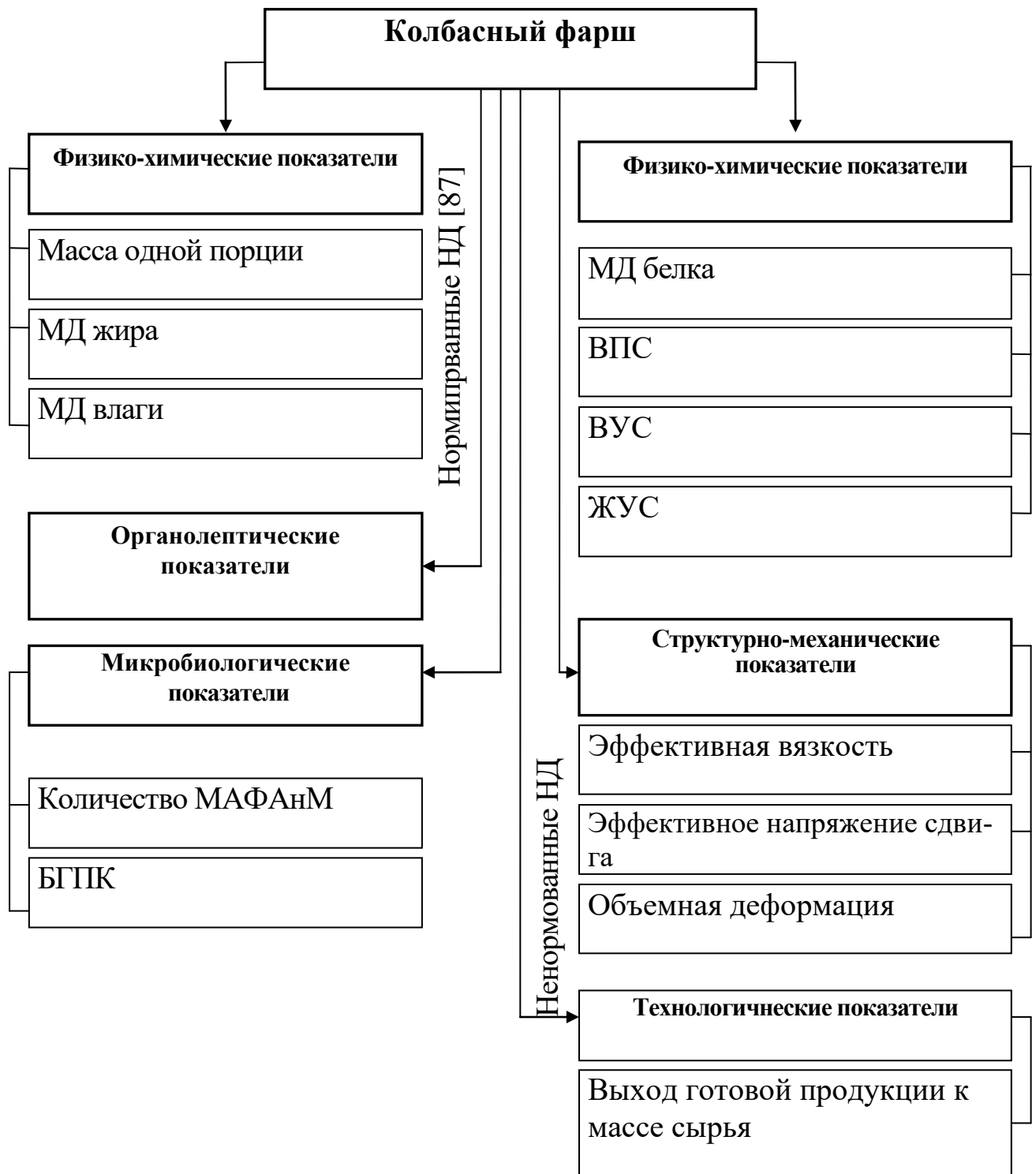


Рис. 5.2. Иерархическая структура колбасного фарша

Рассмотрим группу физико-химических показателей для определения узловых значений показателей качества колбасного фарша.

МД белка не нормируется стандартом и приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - 10

% с относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное значение - 12 %. Эталонное значение $P_{эт.}$ (с оценкой 1,0) принимает максимальное значение, которое было получено в предыдущих экспериментальных исследованиях, - 18 %. Для относительного 0,00 - абсолютное значение - 2 %. Промежуточные относительные значения (0,8; 0,2) будут отвечать абсолютным 14 % (с шагом 2 в одну сторону); 6 % (с шагом 4 - в другую сторону).

Рассмотрим группу физико-химических показателей для определения узловых значений показателей качества колбасного фарша.

МД влаги приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - 60 % согласно ГСТУ 46.020-2002 [87], что нормируется на уровне - не больше 60 % для колбасного фарша, с относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное значение - 70 % (с шагом 10%). Поскольку эталонное значение $P_{эт.}$ (с оценкой 1,0) не нормируется стандартом, поэтому нами принято решение о включении максимального значения, которое было получено в предыдущих экспериментальных исследованиях, - 55 %. Для относительного 0,00 - абсолютное значение - 85 %. Промежуточные относительные значения (0,8; 0,2) будут отвечать абсолютным 63 % (с шагом 7 в одну сторону); 80 % (с шагом 10 - в другую сторону).

ВПС не нормируется стандартом, приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - 50 % с относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное значение 58 % (с шагом 8%). За эталонное значение $P_{эт.}$ (с оценкой 1,0) примем значение на уровне 74 %, с шагом 8 %. Для относительного 0,00 - абсолютное значение 30 % Промежуточные относительные значения (0,8; 0,2) будут отвечать абсолютным 66 % (с шагом 8 % в одну сторону); 40 % (с шагом 10 - в другую сторону).

ВУС не нормируется стандартом, приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - 50 % с относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное

значение 58 % (с шагом 8%). За эталонное значение $P_{эт.}$ (с оценкой 1,0) примем значение на уровне 74 %, с шагом 8 %. Для относительного 0,00 - абсолютное значение 30 %. Промежуточные относительные значения (0,8; 0,2) будут отвечать абсолютным 66 % (с шагом 8 % в одну сторону); 40 % (с шагом 10 - в другую сторону).

ЖУС не нормируется стандартом, приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - 60 % с относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное значение 65 % (с шагом 5 %). За эталонное значение $P_{эт.}$ (с оценкой 1,0) примем значение на уровне 75 %, с шагом 5 %. Для относительного 0,00 - абсолютное значение 40 %. Промежуточные относительные значения (0,8; 0,2) будут отвечать абсолютным 70 % (с шагом 5 % в одну сторону); 50 % (с шагом 10 - в другую сторону).

Рассмотрим группу структурно-механических показателей для определения узловых значений показателей качества колбасного фарша. Эта группа показателей не нормируется согласно требований НД.

Эффективная вязкость принимает базовое значение с относительным показателем 0,37 в точке 70 000 Па·с. Относительные значения (1,0; 0,8; 0,63; 0,2; 0,0) будут отвечать абсолютным (с шагом 100 Па·с в одну сторону, и в другой).

Предельное напряжение сдвига (рис. 3.7.-3.8.) принимает базовое значение с относительным показателем 0,37 в точке 90 000 Па. Относительные значения (1,0; 0,8; 0,63; 0,2; 0,0) будут отвечать абсолютным с шагом 200 Па в одну сторону, и 100 в другой).

Объемная деформация (рис. 3.1.-3.2.) тоже не нормируется, поэтому принимаем за базовое среднее значение с относительным показателем 0,37 в точке 10 %. Относительные значения (1,0; 0,8; 0,63; 0,2; 0,0) будут отвечать абсолютным с шагом 3 % в одну сторону, и 5 в другую.

Группа органолептических показателей, согласно требованиям ГОСТ 9959-91 [102], по пятибалльной шкале приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - 3 балла, с

относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное значение - 4 балла. За эталонное значение $P_{\text{эт}}$. (с оценкой 1,0) примем значение на уровне 5 баллов, что нормируется требованиями [102]. Для относительного 0,00 - абсолютное значение - 1 балл.

Рассмотрим группу микробиологических показателей для определения узловых значений показателей качества колбасного фарша, согласно ГСТУ 46.020-2002 [87].

Количество МАФАНМ приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать допустимому абсолютному значению, - $1 \cdot 10^6$ КОЕ в 1 г продукта, согласно [87], с относительным показателем 0,37. Для кодируемого значения 0,85 - абсолютное значение - $1 \cdot 10^5$ КОЕ в 1 г продукта, согласно требований [87]. За эталонное значение $P_{\text{эт}}$. (с оценкой 1,0) - $1 \cdot 10^2$ КОЕ в 1 г продукта. Для относительного 0,00 - абсолютное значение - $1 \cdot 10^9$ КОЕ в 1 г продукта. Промежуточные относительное значение (0,8) на уровне не больше $1 \cdot 10^3$ КОЕ в 1 г продукта. Для относительного значения 0,2 на уровне $1 \cdot 10^8$ КОЕ в 1 г продукта.

Количество БГПК, в 1 г продукта согласно требованиям ГСТУ 46.020-2002 не допускаются. Поэтому базовое значение с относительным показателем 0,37 будет иметь абсолютное значение – 0. Для относительного показателя 0,00 - абсолютное значение будет составлять 10 (колиформных бактерий).

Последней группой для нашего рассмотрения остается технологический показатель, выход готовой продукции к массе сырья. Данный показатель не регламентируется требованиями стандарта. Он характеризует качество продукта на всех этапах производства колбасных изделий.

В колбасном производстве выход готовой продукции может превышать 100% за счет использования пищевых добавок, добавления жидкости не по нормативу в процессе производства, а так же может быть и ниже 100% за счет недовложения сырья. Поэтому нами было решено, что выход готовой продукции к массе сырья приобретает нулевое кодируемое значение, которое должно отвечать абсолютному, - 100 % с относительным показателем 0,37. Для коди-

руемого значения 0,85 - абсолютное значение - 110 %, с шагом 10 %. Поскольку эталонное значение $P_{эт.}$ (с оценкой 1,0) не нормируется, поэтому нами принято решение о включении максимального значения - 130 %. Для относительного 0,00 - абсолютное значение - 80 %. Промежуточные относительные значения (0,8; 0,2) будут отвечать абсолютным 120 % (с шагом 10% в одну сторону); 90 % (с шагом 10 - в другую сторону).

5.3. Результаты комплексной количественной оценки качества начальных, промежуточных и конечных продуктов процесса производства вареных колбас

Оценку качества фарша проводили на основании показателей качества (таблица 5.4). На рис. 5.3 продемонстрировано превращение абсолютных значений показателей качества колбасного фарша в оценки с помощью функции Харрингтона графическим способом для показателей: органолептическая оценка; эффективная вязкость; количество МАФАНМ в 1 г продукта с использованием таблицы Е.2.

Абсолютное значение табл. Е.2 в опыте №1 для последовательности 4 - органолептическая оценка 4,20 баллы получает оценку - $K_i=0,84$; эффективная вязкость - 745 Па-с получает оценку - $K_i=0,49$; количество МАФАНМ, в 1 г продукта - 502 получает оценку - $K_i=0,90$.

Исходя из практических и логических рассуждений назначены значения коэффициентов весомости групповых и единичных показателей качества, представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Оценки показателей качества колбасного фарша

Название показателя, единица измерения	Коэффициенты весомости групповых показателей, M_j	Коэффициенты весомости единичных показателей, m_{ij}
Органолептические показатели	0,3	

Органолептическая оценка, баллы		1,0
Физико-химические показатели	0,2	
ВПС фарша, %		0,2
ВУС фарша, %		0,2
ЖУС фарша, %		0,2
МД белка, %		0,2
МД влаги, %		0,2
Структурно-механические показатели	0,3	
Эффективная вязкость, Па·с		0,3
Предельное напряжение сдвига, Па		0,3
Объемная деформация, %		0,4
Микробиологические показатели	0,1	
Количество МАФАНМ, в 1 г продукта		1,0
Технологические показатели	0,1	
Выход готовой продукции к массе сырья, %		1,0
Суммарное значение	1,0	1,0

Так, наиболее весомыми являются группа органолептических показателей и группа структурно-механических показателей с коэффициентом весомости $M_j=0,3$, менее весомая – группа физико-химических показателей с коэффициентом весомости $M_j=0,2$, а затем – микробиологических и технологических показателей – $M_j=0,1$.

В группе структурно-механических свойств и физико-химических показателей при назначении коэффициентов весомости единичных показателей был использован метод нулевой гипотезы, согласно которого числовой вклад одного из компонентов в многокомпонентную систему обратно пропорционален числу таких компонентов в системе:

$$m_i = 1/n . \quad (5.4)$$

Таким образом, коэффициенты весомости для показателей ВПС, ВУС, ЖУС, МД белка и МД влаги будут составлять $m_{ij} = 0,2$. В группе структурно-механических показателей эффективная вязкость и предельное напряжение сдвига получают коэффициенты весомости $m_{ij} = 0,3$, а объемная деформация – $m_{ij} = 0,4$.

Значения комплексного показателя качества колбасного фарша определяли по и средневзвешенной арифметической величине (5.5).

$$K = \sum_{j=1}^5 M_j \sum_{i=1}^{n_j} m_{ij} * K_{ij}, \quad (5.5)$$

где M_j – коэффициент весомости j -ой группы показателей;

m_{ij} – коэффициент весомости i -го показателя j -ой группы;

K_{ij} – оценка i -го (единичного) показателя, входящего в j -ую группу;

n_j – количество показателей в j -ой группе.

Полученные данные в результате расчетов внесены в таблицу 5.5.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что комплексный показатель для разных номеров опытов - не одинаковый.

При рассмотрении средневзвешенных арифметических величин наибольшее значение показателя в опыте № 6 составляет $K=0,711$, что отвечает оценке «хорошо», при котором давление подачи фарша составляет 2,25 МПа; предельное остаточное давление минус 0,48МПа; температура 285К, на 0,005 единиц меньше значение показателя в опыте № 4 составляет $K=0,706$, что так же отвечает оценке «хорошо», при котором давление подачи фарша составляет 2,25 МПа; предельное остаточное давление минус 0,80МПа; температура 275К, а минимальный показатель $K_{\min}=0,556$ в опыте №5 (давление продукта, который подается 0,45 МПа; предельное остаточное давление минус 0,48МПа; температура 285 К.

Если проанализировать полученные данные всех опытов, то можно констатировать, что немало важную роль в повышении комплексной оценки играет взаимодействие двух варрируемых факторов, давлеее подачи фарша и давление вакуумирования.

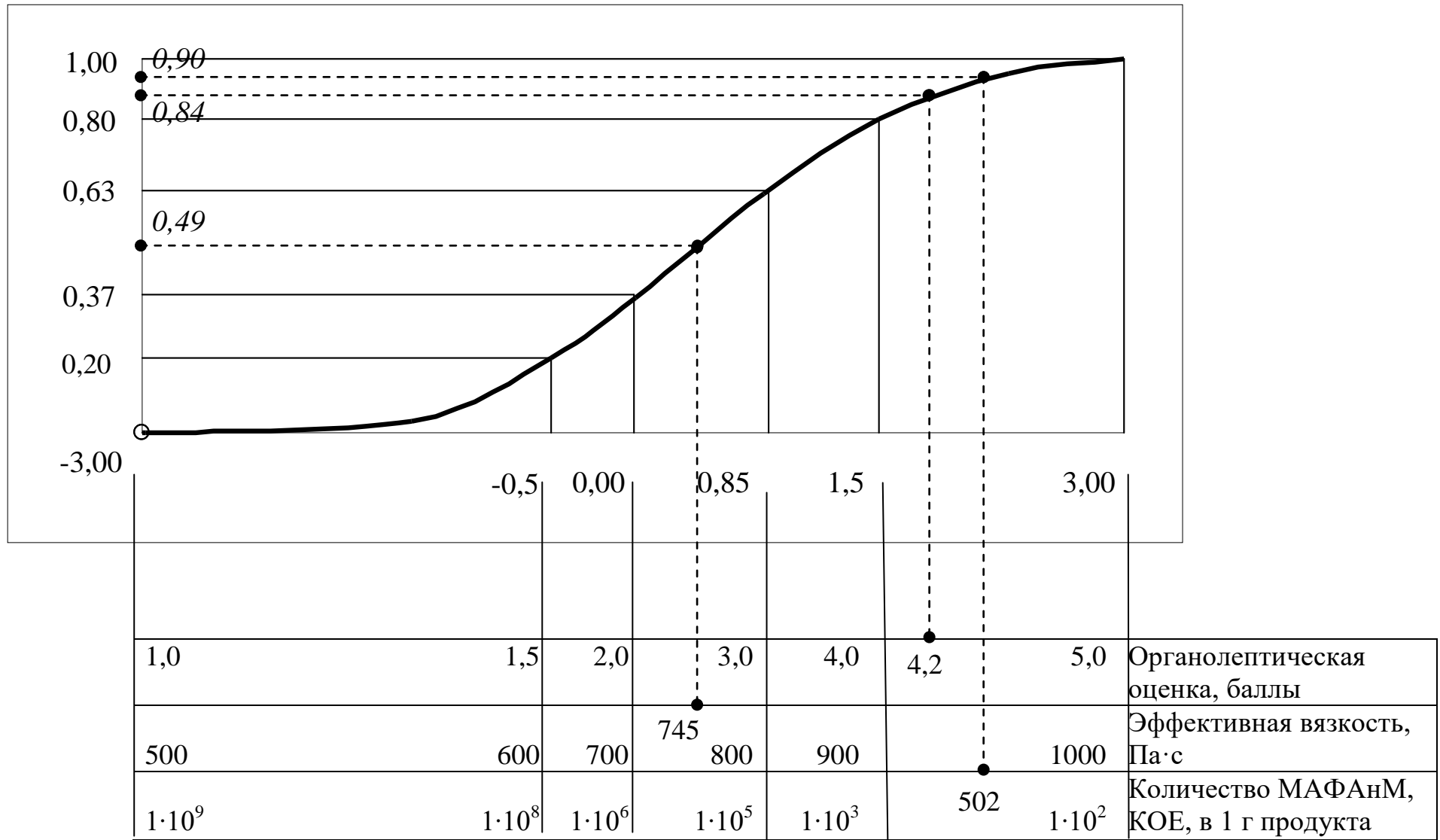


Рис. 5.4. График функции желательности Харрингтона для оценки единичных показателей P_i качества колбасного фарша на примере органолептической оценки, эффективной вязкости фарша и количества МАФАНМ в 1 г продукта

Комплексная оценка качества фарша в процессе шприцевания ПФЭ

№	Параметры процесса				Оценки групповых показателей качества, $K_i = \sum_{j=1}^{n_j} m_{ij} * K_{ij}$										Комплексная оценка качества, $K = \sum_{j=1}^5 M_j * K_j$	
					органолептические		физико-химические		структурно-механические		микробиологические		технологические			
	x_1	x_2	x_3	0,3		0,2		0,3		0,1		0,1				
1	4	0,45	-0,48	275	0,84	0,850	0,626	0,643	0,431	0,438	0,90	0,900	0,72	0,745	0,669	0,679
	16				0,86		0,66		0,444		0,90		0,77		0,69	
2	12	2,25	-0,48	275	0,96	0,960	0,59	0,585	0,436	0,418	0,90	0,895	0,68	0,635	0,695	0,683
	2				0,96		0,58		0,4		0,89		0,59		0,672	
3	3	0,45	-0,80	275	0,97	0,970	0,618	0,603	0,342	0,343	0,87	0,87	0,45	0,410	0,649	0,643
	7				0,97		0,588		0,344		0,87		0,37		0,636	
4	14	2,25	-0,80	275	0,67	0,680	0,79	0,785	0,561	0,568	0,9	0,900	0,88	0,845	0,705	0,706
	15				0,69		0,78		0,574		0,9		0,81		0,706	
5	8	0,45	-0,48	285	0,7	0,695	0,664	0,659	0,318	0,316	0,87	0,875	0,30	0,335	0,555	0,556
	9				0,69		0,654		0,314		0,88		0,37		0,557	
6	13	2,25	-0,48	285	0,98	0,985	0,596	0,582	0,487	0,478	0,88	0,880	0,74	0,680	0,721	0,711
	1				0,99		0,568		0,469		0,88		0,62		0,701	
7	11	0,45	-0,80	285	0,98	0,980	0,61	0,617	0,37	0,370	0,88	0,885	0,68	0,635	0,683	0,68
	5				0,98		0,624		0,369		0,89		0,59		0,678	
8	6	2,25	-0,80	285	0,78	0,780	0,686	0,7	0,326	0,324	0,91	0,905	0,77	0,710	0,637	0,633
	10				0,78		0,714		0,322		0,9		0,65		0,628	

5.4 Обработка результатов комплексной оценки показателей качества

Для определения уравнения регрессии комплексного показателя качества воспользуемся методикой, описанной в приложении Б. Внесем начальные данные в таблицу 5.6 и проведем необходимые расчеты, внесем в таблицу 5.7.

Таблица 5.6

Расчетные данные для вычисления дисперсии адекватности

№, П/П	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_j	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,669	0,69	0,68	-0,011	0,000121	0,000242
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,695	0,672	0,684	0,011	0,000121	0,000242
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,649	0,636	0,643	0,006	0,000036	0,000072
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0,705	0,706	0,706	-0,001	0,000001	0,000002
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0,555	0,557	0,556	-0,001	0,000001	0,000002
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0,721	0,701	0,711	0,01	0,0001	0,0002
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0,683	0,678	0,681	0,002	0,000004	0,000008
8	1	1	1	1	1	1	1	0,637	0,628	0,633	0,004	0,000016	0,000032
$\sum_{j=1}^8 S_j^2$													0,0008

Таблица 5.7

Расчетные данные для вычисления коэффициентов регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
6,000	0,300	0,004	0,662	0,022	0,004	-0,017	-0,018	0,005	0,008	-0,033

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные внесем в табл. 5.7.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел мер свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161. Таким образом, $F_p=121 < F_{\text{табл.}}=161$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Проверим однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и мерах свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68. Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,30 < 0,68$, следо-

вательно, дисперсии строк однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитываем коэффициенты регрессии, которые внесем в табл. 5.7.

Рассчитаем величину доверительного интервала по формуле (Б.15) $\Delta_{b_i}=0,004$ (при $\alpha=0,2$ и $f=8$). Проверим каждый коэффициент регрессии на значимость с доверительным интервалом: $b_0=0,662 > \pm 0,004$ - значимый; $b_1=0,022 > \pm 0,004$ - значимый; $b_2=0,004 > \pm 0,004$ - значимый; $b_3=-0,017 > \pm 0,004$ - значимый; $b_{12}=-0,018 > \pm 0,004$ - значимый, $b_{13}=0,005 > \pm 0,004$ - значимый, $b_{23}=0,008 > \pm 0,004$ - значимый, $b_{123}=-0,033 > \pm 0,004$ - значимый.

Как свидетельствуют полученные данные, на комплексный показатель качества статистически значимо влияют все варьируемые факторы и их взаимодействие.

Запишем уравнение:

$$y_x = 0,662 + 0,022 x_1 + 0,004 x_2 - 0,017 x_3 - 0,018 x_1 x_2 + 0,005 x_1 x_3 + 0,008 x_2 x_3 - 0,033 x_1 x_2 x_3 \quad (5.6)$$

Исходя из полученной зависимости (5.7) можно сделать вывод, что для увеличения комплексного показателя качества, необходимо увеличивать давление подачи фарша (x_1) и предельное остаточное давление (вакуум) (x_2), а температуру фарша снижать (x_3).

Для интерпретации полученных результатов превращаем уравнение (5.7) по формуле перехода (Б.19) от кодируемых к натуральным значениям факторов:

$$K_i = 14,757 - 8,109P_{д.п.} + 19,62P_{п.о.д.} - 0,051T - 12,705P_{д.п.} P_{п.о.д.} + 0,03P_{д.п.} T - 0,0164P_{п.о.д.} T + 0,046P_{д.п.} P_{п.о.д.} T \quad (5.8)$$

В данном случае оптимальным режимом шприцевания колбасного фарша является давление продукта, который подается 2,25 МПа, предельное остаточное давление - 0,48 МПа, температура фарша 285 К.

5.5. Выводы по разделу

1. На основании обобщенного критерия, полученного бинарным методом, определены оптимальные условия процесса, которые отвечают опыту №6, - давление подачи фарша 2,25 МПа; предельное остаточное давление минус 0,48 МПа; температура 285 К и опыту №4, - давление подачи фарша 2,25 МПа; предельное остаточное давление минус 0,80 МПа; температура 275 К. Однако этот метод обобщения параметра оптимизации позволяет только качественно характеризовать наилучшие условия.

2. Предлагается в виде обобщенного параметра оптимизации использовать комплексный показатель качества, который базируется на принципах квалиметрии и позволяет оценить качество продукции количественно.

3. Разработанная иерархическая структура комплексного показателя качества включает пять групп измеряемых показателей: группы физико-химических показателей и структурно-механических включают единичные показатели, которые изменяются в процессе шприцевания колбасного фарша.

4. Для оценки показателей качества колбасного фарша разработаны шкалы узловых значений при использовании графика функции желательности Харрингтона.

5. Определены значения коэффициентов весомости групповых и единичных показателей качества. Наиболее весомыми являются органолептические и структурно-механические показатели.

6. Расчет средневзвешенной арифметической величины свидетельствует о том, что наибольшее значение комплексного показателя - $K_{\max}=0,711$, что отвечает оценке "хорошо", получено для опыта №6 при давлении подачи колбасного фарша 2,25 МПа; предельному остаточному давлению минус 0,48 МПа; температуре 285 К, и для опыта № 4 ($K_0 = 0,706$) с параметрами процесса давление подачи колбасного фарша 2,25 МПа; предельное остаточное давление минус 0,80 МПа; температура 275 К.

7. Получена аналитическая зависимость комплексного показателя качества от

параметров процесса шприцевания, температуры, давления подачи фарша в оболочку и глубины вакуума, поддерживаемого в шприце, что позволяет прогнозировать качество фарша при заданных параметрах.

Основные результаты раздела опубликованы в [138].

РАЗДЕЛ 6

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ПРАКТИКУ

6.1. Экономическая эффективность результатов исследований

Рациональные условия процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку смогут привести на предприятии к: снижению себестоимости за счет увеличения коэффициента выхода готовой продукции и фаршеемкости; улучшению органолептических показателей колбасных изделий; увеличению объемов производства и реализации колбасных изделий; повышению коэффициента использования шприцев за счет оптимизации загрузки.

При оценке экономической эффективности от внедрения в производство рациональных условий шприцевания учтены все дополнительные расходы и все положительные результаты, которые могут быть получены с помощью методик [72, 97, 98]. В результате будет оценена эффективность внедрения исследований в производстве с помощью ожидаемого годового экономического эффекта.

Себестоимость процесса шприцевания рассчитана по упрощенной методике - расчет выполнен по [72] согласно статье "Затраты на сырье". При расчете себестоимости производства учтены тарифы, нормы и нормативы, которые действуют на мясоперерабатывающих предприятиях.

В таблице 6.1 приведены расчетные данные стоимости сырья при шприцевании колбасного фарша по производственным условиям $P_{д.п.} = 1,8$ МПа; $P_{п.о.д.} = 0,72$ МПа; $T = 281$ К. Расчет состоит из трех блоков: расчет сырья мясного несоленого на 100 кг; расчет наполнителей на 100 кг несоленого сырья; расчет оболочки.

На 100 кг несоленого мясного сырья добавляется 39,858 кг наполнителей (пищевые добавки, соль, нитрит натрия, лед) и производится 139,858 кг фарша (потерями в процессе производства фарша пренебрегаем). В процессе шприцевания на вакуумном роторном шприце используется натуральная свиная оболочка (\varnothing 30-32 мм) из расчета 1,4 м/кг фарша - 195,8 м. Оптовая цена оболочки на

01.03.2020 составляла 9,1 руб./м, то есть стоимость оболочки в структуре себестоимости – 1781,78 (9,1*195,8) руб. Для нас настоящая статья затрат очень важна с учетом того, что ее возможно рационализировать за счет увеличения величины фаршеемкости.

Рентабельность производства запланирована на уровне среднеотраслевой – 30%, что является необходимым условием для перспективно развития бизнес-субъекта.

Таблица 6.1

Расчет стоимости сырья при шприцевания колбасного фарша по производственным условиям $P_{д.п.} = 1,8$ МПа; $P_{п.о.д.} = - 0,72$ МПа; $T = 281$ К

Наименование	Норма			Себестоимость	Стоимость	Цена реализации	Прибыль
	кг	м	%	руб./кг (м)	руб./кг (м)	руб.	руб.
Сырье мясное несоленое, кг (на 100 кг)							
Говядина жилованная I с	40,000		28,601	11200	280	14 560,0	3 360,0
Свинина жилованная жирная	60,000		42,901	14400	240	18 720,0	4 320,0
Наполнители, кг (на 100 кг несоленого сырья)							
Добавки пищевые:							
- «Гелеон»	1,000		0,715	250	250	325,0	75,0
- смесь пряностей №1	1,000		0,715	520	520	676,0	156,0
- фосфаты пищевые	0,300		0,214	22,5	75	29,3	6,8
- аскорбиновая кислота	0,050		0,036	9,25	185	12,0	2,8
Соль пищевая	2,500		1,788	30	12	39,0	9,0
Нитрит натрия	0,0075		0,005	1,3125	175	1,7	0,4
Лед	35,000		25,025	45,5	1,3	59,2	13,7
Всего фарша	139,858		100,000	26478,6	-	34 422,13	7 943,57
Оболочка (ø 30-32 мм) - 1,4 м/кг фарша							
Черева свиная, м		195,8		1781,78	9,1	2 138,1	356,4
Выход готового продукта, кг, %, к массе несоленого сырья	115,00		115,00	282,60	32499,4	36 560,27 (318 руб./кг)	4 060,87

Выход готового продукта к массе несоленого сырья, согласно [55, 56], зависит от вида оболочки: для натуральной оболочки - 115%; для целлюлозной и белковой оболочек - 120%; для газопроницаемой оболочки полиамида - 125%; для газонепроницаемой оболочки полиамида - 135%.

В таблице 6.2 приведены расчетные данные стоимости сырья при шприцевании колбасного фарша по экспериментальным условиям $P_{д.п.} = 2,25$ МПа; $P_{п.о.д.}$

= - 0,48 МПа; T= 285 К.

Таблица 6.2

Расчет стоимости сырья при шприцевании колбасного фарша по
экспериментальным условиям $P_{д.п.} = 2,25$ МПа; $P_{п.о.д.} = - 0,48$ МПа; T= 285 К

Наименование	Норма			Себестоимость	Стоимость	Цена реализации	Прибыль
	кг	м	%	руб./кг (м)	руб./кг (м)	руб.	руб.
Сырье мясное несоленое, кг (на 100 кг)							
Говядина жилованная I с.	40,000		28,601	11200	280	14 560,0	3 360,0
Свинина жилованная жирная	60,000		42,901	14400	240	18 720,0	4 320,0
Наполнители, кг (на 100 кг несоленого сырья)							
Добавки пищевые:							
- «Гелеон»	1,000		0,715	250	250	325,0	75,0
- смесь пряностей №1	1,000		0,715	520	520	676,0	156,0
- фосфаты пищевые	0,300		0,214	22,5	75	29,3	6,8
- аскорбиновая кислота	0,050		0,036	9,25	185	12,0	2,8
Соль пищевая	2,500		1,788	30	12	39,0	9,0
Нитрит натрия, г	7,5		0,005	1,3125	175	1,7	0,4
Лед	35,000		25,025	45,5	1,3	59,2	13,7
Всего фарша	139,858		100,000	26478,6	-	34 422,13	7 943,57
Оболочка (ø 30-32 мм) - 1,18 м/кг фарша							
Черева свиная, м		165,0		1501,5	9,1	1 801,8	300,3
Выход готового продукта, кг, %, к массе несоленого сырья	122,890		122,890	279,8	34384,7	39079,02 (318 руб./кг)	4 694,32

Эти рациональные условия нами обоснованы в разделе 4. В процессе шприцевания при экспериментальных условиях на вакуумном роторном шприце используется натуральные свиные черева (ø 30-32 мм) из расчета 1,18 м/кг фарша - 165,0 м. Это возможно стало за счет более плотной структуры фарша и степени шприцевания, вакуумирования и привело к увеличению выхода готового продукта до 122,89 %.

Уменьшение себестоимости до 279,8 руб./кг обуславливает увеличение прибыли (на 280 руб. за 100 кг), которая дает возможность к получению дополнительной прибыли.

В таблице 6.3 представлена сравнительная характеристика двух вариантов шприцевания. В первом варианте рассматриваем классическую производствен-

ную технологию со следующими условиями шприцевания : $P_{д.п.} = 1,8$ МПа; $P_{п.о.д.} = - 0,72$ МПа; $T = 281$ К. При втором варианте применяем рациональные условия шприцевания, которые установлены нами в разделах 4 - 5, при условиях: $P_{д.п.} = 2,25$ МПа; $P_{п.о.д.} = - 0,48$ МПа; $T = 285$ К.

Таблица 6.3.

Сравнительная характеристика и расчет экономических показателей от двух вариантов шприцевания

<i>Вариант</i>	<i>Себестоимость 1 кг продукции, руб.</i>	<i>Цена реализации 1 кг, руб.</i>	<i>Прибыль с 1 кг, руб.</i>	<i>Разница в прибыли между вариантами, руб./кг</i>
1	282,60	318	35,40	2,8
2	279,80	318	38,20	

За счет рационализации условий производства (условий шприцевания) себестоимость продукции для первого варианта составляет 282,60 руб. за 1 кг, а для второго варианта - 279,80 руб. за 1 кг, который приводит к снижению себестоимости на 2,8 руб. каждого выпущенного килограмма продукции. Снижение происходит при условиях уменьшения расходов натуральной оболочки на 30,8 м, из 195,8 м в первом варианте на 165,0 м, во втором варианте на массу фарша 139,858 кг. Стоимость натуральной свиной черевы диаметром 30-32 мм составляет 9,1 руб./м.п., что в стоимостном выражении составляет экономию по натуральной оболочке в 280,28 руб., что в пересчете на 1 кг продукции составит 2,8 руб.

Для первого варианта затраты оболочки составили 1,40 м/кг, для второго - 1,18 м/кг, разница между двумя вариантами составила 0,22 м/кг. Это приводит к увеличению возможности оболочки удерживать определенную массу продукта внутри - величины фаршеемкости. Для первого варианта фаршеемкость составила 0,714 кг/м, для второго - 0,847 кг/м, что свидетельствует о том, что при рациональных условиях шприцевания возможно на 0,133 кг/г. увеличить фаршеемкость оболочки.

Ожидаемый годовой экономический эффект от рационализации производства, процесса шприцевания колбасных изделий в натуральную оболочку, может

составить 4 152 447 руб., из расчета получения дополнительной прибыли 2,8 руб. на 1 кг продукции.

Следующим шагом является поддержание рациональных условий, за счет стабилизации температуры колбасного фарша ($T=285$ К). Для этого рассчитаем холодильную машину по упрощенной схеме: определим среднюю температуру колбасного фарша, который использовали в процессе шприцевания в течение 2019 года, найденные данные внесем в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Средняя температура колбасного фарша за 2019 год

Месяц	Среднее значение температуры колбасного фарша, К	Рациональная температура колбасного фарша, К	Разница температур, К	Действительная тепловая нагрузка на холодильную машину, Вт
Январь 2019	280,80	285	4,2	9 340,32
Февраль 2019	281,20	285	3,8	8 450,766
Март 2019	282,00	285	3,0	6 671,657
Апрель 2019	283,00	285	2,0	4 447,771
Май 2019	284,80	285	0,2	4 44,7771
Июнь 2019	285,40	285	0,4	8 89,5543
Июль 2019	288,15	285	3,15	7 005,24
Август 2019	289,40	285	4,4	9 785,097
Сентябрь 2019	286,00	285	1,0	2 223,886
Октябрь 2019	286,20	285	1,2	2 668,663
Ноябрь 2019	283,60	285	1,4	3 113,44
Декабрь 2019	282,00	285	3,0	6 671,657

Сделаем расчет тепловой нагрузки на холодильную машину по формуле (6.1) в зависимости от времени года и внесем полученные результаты в таблицу 6.4.

$$Q_{\delta,i} = V_{\delta,\delta} \cdot \rho_{\delta,\delta} \cdot \tilde{n}_{\delta,\delta} \cdot (T_i - T_{\delta}), \quad (6.1)$$

где $Q_{x.m.}$ - действительная тепловая нагрузка на холодильную машину, Вт;

$V_{k.\phi.}$ - затрата колбасного фарша, для шприца Duker REX RVF 760 - 0,000788 м³/с (при условии: $P_{д.п.} = 2,25$ МПа; $P_{п.о.д} = -0,48$ МПа; $T = 285$ К; $\phi = 32$ мм);

$\rho_{k.\phi.} = 1057$ кг/м³ – плотность колбасного фарша (при $T = 293$ К) [17];

$c_{к.ф.} = 2670$ Дж/кг·К - удельная теплоемкость колбасного фарша (при $T = 293$ К) [17];

T_n - начальная температура колбасного фарша, на входе в шприц (табл. 6.4), К;

$T_k = 285$ К – конечная (рациональная) температура колбасного фарша в процессе шприцевания установленная нами в разделах 4 и 5.

Из таблицы. 6.4 видно, что для обеспечения рациональной температуры для обеспечения одного шприца необходима одна холодильная машина с максимальной действительной тепловой нагрузкой, которая ожидается в августе месяце и составляет $Q_{х.м.} = 9\,785,097$ Вт. То есть холодопроизводительность холодильной машины должна быть из расчета не меньше 9,79 кВт,

Проведем подбор необходимого холодильного оборудования. Из многообразия технико-коммерческих предложений было выбрано оборудование фирмы "Аермес" с расчетной холодопродуктивностью 13,2 кВт выбран чиллер NRW – 57А, который имеет следующие характеристики: спиральный компрессор; воздушное охлаждение конденсатора; озонобезопасный хладагент R - 407с; холодопродуктивность – 13,2 кВт; полную потребляемую мощность - 4,2 кВт; потребляемый ток – 8,3 А (при напряжении 400 В); затрата рассола в испарителе - 2570 л/год; стоимость – 9 047 евро (по состоянию на 24.03.2020 г. 1 евро – 86,61 руб.), что составило 783 560,67 руб.

В таблице 6.5 представлены данные по получению годового экономического эффекта от внедрения системы охлаждения колбасного фарша в процессе шприцевания, за счет улучшения качества продукции.

Для расчета расходов электроэнергии холодильной машиной в год используют формулу:

$$E = N_{\phi} \cdot K_i \cdot \dot{Q}_n, \text{ кВт}\cdot\text{ч/г} \quad (6.2)$$

где, N_{ϕ} – полная потребляемая мощность, кВт;

K_i – коэффициент использования электрической мощности, для холодильного оборудования $K_i=0,3-0,4$;

T_c – годовое число часов использования средней нагрузки, для холодильно-

го оборудования $T_c = 4000$.

Значит, для чиллера NRW – 57А годовые затраты электроэнергии составят $E=4,2 \cdot 0,3 \cdot 4000=5040$ кВт·ч/г

При этом тарифы за электроэнергию по состоянию на 01.03.2020 г. для предприятий составили 3,69 руб./кВт·час.

Стоимость годовых расходов за электроэнергию приобретенным холодильным оборудованием составит 18597,6 руб.

Таблица 6.5

Расчет экономического эффекта от внедрения системы охлаждения колбасного фарша

Наименование статьи	Вариант	
	Базовый	Новый
Стоимость нового оборудования, руб.		783 560,67
Балансовая стоимость оборудования, руб.	64 652	848 212,7
Амортизация, руб./год	12 930,40	169 642,5
Срок эксплуатации, лет	5	5
Текущий ремонт (ТР), руб./год	3 000	5 000
Затраты на электроэнергию, которая потрачена на холодильной машиной руб./год		36309,6
Затраты на электроэнергию, затраченная холодильной машиной, руб./кг		0,0233
Объем реализации, кг/год	1 556 800	1 556 800
Амортизация + ТР + Затраты на электроэнергию, руб./кг	0,01	0,14
Цена реализации, руб./кг	318,00	318,00
Полная себестоимость, руб./кг	282,60	279,94
Прибыль, руб./кг	35,40	38,06
Прибыль, руб./год	55 105 388	59 257 835
Экономический эффект, руб./год		4 152 447

То есть, можно утверждать, что оптимизационные мероприятия приведут к увеличению годового экономического эффекта на 4 152 447 руб.

6.2. Выводы по разделу

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что освоение рациональных параметров процесса шприцевания в производстве колбасных изделий экономически целесообразно, поскольку:

- освоение рациональных условий шприцевания в производстве не требует значительных капиталовложений;
- снижение себестоимости готового продукта обусловлено увеличением выхода готовой продукции и фаршеемкости;
- улучшаются органолептические показатели колбасных изделий;
- увеличение объемов производства и реализации колбасных изделий;
- происходит повышение коэффициента использования шприцев за счет оптимизации загрузки.

Сумма годового экономического эффекта при рационализации процесса шприцевания колбасных изделий в натуральную оболочку за счет оптимальных условий, может составить 4 152 447 руб., за счет комплекса оптимизационных мероприятий.

ВЫВОДЫ

1. Проанализирован существующий опыт использования современного оборудования для реализации процесса шприцевания. Выявлена модель шприца с лучшими основными техническими параметрами.

2. Разработана структурная схема проведения исследований с целью обоснования оптимальных условий процесса шприцевания фарша вареных колбас, на основе комплекса физико-химических, структурно-механических и органолептических показателей

3. Определены параметры оптимальности процесса шприцевания: органолептическая оценка, ВПС фарша, ВУС фарша, ЖУС фарша, эффективная вязкость, предельное напряжение сдвига, объемная деформация, МД белка, МД влаги; количество МАФАНМ в 1 г продукта, количество БГКП, выход готовой продукции к массе сырья.

4. Определено влияние температуры и давления, под которым подается продукт и предельного остаточного давления (вакуума) на характеристики фарша в процессе шприцевания.

5. Определена область факторного пространства для исследования: давление шприцевания (давления подачи продукта $P_{д.н.}$) - 2,25...0,45 Мпа, давление вакуумирования (предельно остаточного давление $P_{н.о.д}$) - -0,80...-0,48 Мпа, температура фарша T - 285...275 К.

6. Определены аналитические зависимости характеристик фарша в процессе шприцевания от температуры, давления подачи и вакуума.

7. Впервые разработана методика оценки физико-химических, реологических, технологических, органолептических показателей качества фарша.

8. Определены значения коэффициентов весомости единичных показателей качества. Наиболее весомыми являются группа органолептических показателей и группа структурно-механических показателей.

9. Впервые установлены оптимальные параметры процесса шприцевания, обеспечивающие высокое качество фарша вареных колбас по комплексу показа-

телей: давление подачи продукта - 2,25 МПа, предельное остаточное давление - минус 0,48 МПа; температура 285 К.

10. Внедрение в практику результатов исследования имеет экономический эффект (снижается себестоимость) и социально-технический (производство высококачественной продукции для населения).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. – 280 с.
- 2) Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) [Текст] / Азгальдов Гарри Гайкович. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
- 3) Айвазян С.А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей: справочное изд. [Текст] / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
- 4) Айвазян С.А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных: справочное изд. [Текст] / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
- 5) Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. – М.: Колос, 2001. – 376 с.
- 6) Бармаш А.И. Влияние механической обработки мяса и вакуумирования на качество фаршевых консервов [Текст] / А.И. Бармаш // Мясная индустрия СССР. – 1986. – № 2 – С. 29–31.
- 7) Блохин В.Г. Современный эксперимент [Текст]: подготовка, проведение, анализ результатов: [учебник для ВУЗов] / В.Г. Блохин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1997. -232 с.
- 8) Большаков А.С. Влияние вибрации на изменение реологических свойств колбасного фарша во время осадки [Текст] / Большаков А.С., Мамаджанов Ю.Р. // Известия вузов. Пищевая технология. – 1978. - № 6. - С. 104-106.
- 9) Бонковский А.Т. Краткий курс по технологи обработки мяса [Текст] / А.Т. Бонковский; под ред. Русса Эгберта. – Фирма Арчер Даниелс Мидленд, 1992. – 218 с.
- 10) Бредихин С.А. Влияние технологических операций на насыщение воздухом мясного сырья [Текст] / С.А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. - №4. – С. 54–56.
- 11) Бредихин С.А. Релаксация избыточного давления в мясных продуктах [Текст] / С.А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. – № 3 – С. 44–46.
- 12) Бредихин С.А. Технологическое оборудование мясокомбинатов [Текст] /

С.А. Бредихин, О.В. Бредихина, Ю.В. Космодемьянский, Л.Л. Никифоров. - 2-е изд., испр. – М.: Колос, 2000. – 392 с.

13) Бредихин С.А. Эффективность деаэрации при переработке мясного сырья [Текст] / С.А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. – № 2. – С. 18–20.

14) Винникова Л.Г. Некоторые аспекты формирования структуры колбасных изделий [Текст] / Л.Г. Винникова // Мясное Дело. – 2009. - №5. – С. 38-39.

15) Винникова Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов [Текст]: учебник / Л.Г. Винникова. – К.: Фирма «Инкос», 2006. – 600 с.

16) Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи бактеріологічного аналізування [Текст]: ГОСТ 9958 – 81 – Введ. 1981-12-31. - М.: Изд-во стандартов, 2008. – 14 с. - (Государственный стандарт СССР).

17) Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов [Текст]: справочник / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. -2-е изд., доп. и перераб. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 290 с.

18) Голубев И.Г. Оборудование для переработки мяса [Текст]: каталог / И.Г. Голубев, В.М. Горин, А.И. Парфентьева. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 220 с.

19) Голубцова Е.С. Статистические методы исследования конструкционной керамики [Текст]: монография / Е.С. Голубцова, Б.А. Каледин. – Мн.: Технопринт, 2004. – 259 с.

20) Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст]: монография / А.В. Горбатов - М.: Пищевая промышленность, 1979. - 384 с.

21) Горбатов А.В. Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясопродуктов [Текст]: справочник / А.В. Горбатов. - М.: Пищевая промышленность, 1973. - 495 с. (Техника и технология в мясной промышленности).

22) Грамлих Т.А. Мощность без границ. Вакуумные наполнительные машины Vemaq [Текст] / Т.А. Грамлих // Мясные технологии. - 2005. - №9(33). - С. 3-4.

23) Грамлих Т.А. Устройства Vemaq для производства сосисок и сарделек [Текст] / Т.А. Грамлих // Мясные технологии. - 2005. - №5(29). - С. 24-25.

24) Грешилов А.А. Математические методы построения прогнозов [Текст] / А.А. Грешилов, В.А. Стакун, А.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.

25) Гузиков Е.Т. Новые возможности 660-й серии шприцов Handtmann

[Текст]/ Е.Т. Гузиков // Мясные технологии. - 2005. - №8(32). - С. 12.

26) Демуш Е. IFFA-2007. Новинки от «Матимекс» [Текст]/ Елена Демуш // Мясной бизнес. – 2007. - №6. – С. 76.

27) Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті [Текст]: ДСанПіН: 8.8.1.2.3.4-000-2001. – затвержені МОЗ України від 2001-09-20, № 137. – К. 2001. - 246 с.

28) Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs^{137} і Sr^{90} в продуктах харчування та питній воді [Текст]: ДР-97. – затвержені МОЗ України від 1997-08-19, № 255.– К. 1997.–6 с.

29) Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті [Текст]: ДСан Пін 8.8.1.2.3.4 – 000–2001. - затвержені МОЗ України від 20.09.2001 №137. – К. 2001. - 246 с.

30) Зайченко И.З. Пластинчатые насосы и гидромоторы [Текст]/ И.З. Зайченко, Л.М. Мышлевский. – М.: Машиностроение, 1970. – 229 с.

31) Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем [Текст] / И.Г. Зедгинидзе – М.: Наука, 1976. – 390 с.

32) Зеленков П.И. Технология производства, хранения и переработки говядины [Текст] / П.И. Зеленков, А.В. Плахов, А.П. Зеленков. Ростов н/Д.: «Феникс», 2002. – 352 с.

33) Золюк И. О той, что «доктор прописал» [Текст]/ Ирина Золюк // Мясное Дело. – 2009. – №1. - С 22 – 23.

34) Зонин В.Г. Современное производство колбасных и солено-колбасных изделий [Текст] / В.Г. Зонин– СПб.: Профессия, 2006. – 224 с.

35) Иберла К. Факторный анализ [Текст] / Иберла К.; пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.

36) Иванова Т.В. Основные виды колбасных оболочек [Текст]/ Т.В. Иванова, А.Г. Снежко, В.М. Новиков // Мясные технологии. - 2004. - №7(19). - С. 1 - 4.

37) Ивахненко А.Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей [Текст]/ А.Г. Ивахненко, Й.А. Мюллер. – К.: Техніка, 1985; Берлин: ФЕБ Ферлаг Техник, 1984. – 223 с.

38) Ивашов В.И. Оборудование для переработки мяса [Текст] / В.И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.

39) Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний [Текст]: ГОСТ 4288-76 – [Введ. 1975-01-01]. - М.: Изд-во стандартов, 1980. – 4 с. - (Государственный стандарт СССР).

40) Илюхин В.В. Монтаж, наладка, диагностика и ремонт оборудования предприятий мясной промышленности [Текст]/ В.В. Илюхин, И.М. Тамбовцев. - СПб.: Гиорд, 2005. - 456 с.

41) Инструкция по мойке и профилактической дезинфекции на предприятиях мясной и птицеперерабатывающей промышленности [Текст]: № 123-5/990-11-85/ - затверждена Міністерством м'ясної та молочної промисловості СРСР 15.01.85 № 123-5/990-11.

42) Йорданов Д.Г. Влияние продолжительности вакуума на процентное содержание воздуха в фарше для колбасы [Текст]/ Д.Г. Йорданов, И.Т. Пионов // Научные труды ВИХВП. – XXXIX. – с. 123-128.

43) Йорданов Д.Г. Влияние роста вакуума на процентное содержание воздуха в фарше для колбасы [Текст]/ Д.Г. Йорданов, И.Т. Пионов // Научные труды ВИХВП. – XXXIX. – с. 129-135.

44) Йорданов Д. Математическое моделирование процесса деаэрации фарша для колбас [Текст] / Д. Йорданов, К. Динков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2000. – №1. – С. 77 – 80.

45) Кармас Э. Технология колбасных изделий [Текст]/ Эндел Кармас; Перевод с англ. Ф.Н. Евтеевой; под. ред. В.М. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 256 с.

46) Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании [Текст] / Клейнен Дж.; Перевод с англ. Ю.П. Адлера, К.Д. Аргуновой, В.Н. Варыгина, А.М. Талалая; под ред. Ю.П. Адлера, В.Н. Варыгина. – М.: Статистика, 1978. – 335 с.

47) Ковалев М.И. Насосы для мясоперерабатывающей промышленности [Текст] / М.И. Ковалев // Мясные технологии. - 2005. - №2(26). - С. 10.

48) Козин В.В. Современные машины в производстве высококачественных колбас [Текст] / В.В. Козин // Мясные технологии. - 2005. - №6(30). - С. 1.

49) Косой В.Д. Совершенствование производства колбас (теоретические основы, процессы, оборудование, технология, рецептуры и контроль качества) [Текст]: монография// В.Д. Косой, В. П. Дорохов. – М.: ДеЛи плюс, 2018.-681с.

50) Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины, мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приёмки и методы отбора проб [Текст]: ГОСТ 9792 - 73 – Введ. 1974-01-07. - М.: Изд-во стандартов, 1973. – 7 с. - (Государственный стандарт СССР).

51) Колбасы вареные, сосиски и сардельки, хлеба мясные. Технические условия [Текст]: ГОСТ 23670-79 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 97 с.

52) Кобелев Н.Б. Практика применения экономико-математических методов и моделей [Текст] / Н.Б. Кобелев. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 2000. – 246 с.

53) Коваль О.А. Способи інтенсифікації соління м'яса / Коваль О.А. // Мясное Дело. - 2009. - №1. – С. 28-29.

54) Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови [Текст]: ДСТУ 4436:2005. – Чинний від 2005-07-15. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 32с. - (Національний стандарт України).

55) Ковбаси варені, сосиски і сардельки. Технічні умови [Текст]: ТУ У 15.1-31799640-006-2004. – Введ. 2004-04-07. – Харків: ТОВ «Арракес», 2004. – 44 с.

56) Ковбаси варені, сосиски і сардельки. Технологічна інструкція на виготовлення ковбас варених, сосисок і сардельок [Текст]: ТУ У 15.1-31799640-006-2004. – Введ. 2004-04-07. – Харків: ТОВ «Арракес», 2004. – 40 с.

57) Косой В.Д. Инженерная реология в производстве колбас [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.Д. Косой, А.Д. Мальшев, С.Б. Юдина. – М.: КолосС, 2005. – 264 с.

58) Косой В.Д. Оптимизация процесса шприцевания колбасных изделий [Текст] / В.Д. Косой, А.В. Горбатов, С.Н. Туменов // Мясная индустрия СССР. – 1981. – №11. – С. 23–26.

59) Косой В.Д. Изменение структурно-механических свойств колбасного фарша в зависимости от влагосодержания, жирности и давления [Текст] / В.Д. Косой // Мясная индустрия СССР. – 1979. - № 4. - С. 39-44.

60) Косой В.Д. Научные основы совершенствования и оптимизации процессов производства вареных колбас методами инженерной реологии [Текст]: дис... доктора техн. наук: 05.18.12/ Косой Валентин Данилович. – М., 1984. – 542 с.

61) Кудлаев В.А. Об использовании шприцов, разработанных и выпускающихся в ФПК СПКБ «УралМясоМаш» [Текст] / В.А Кудлаев // Мясные технологии. - 2005. - №1(25). - С. 8.

62) Кудлаев В.А. О вспомогательном оборудовании и режущем инструменте для мясоперерабатывающих производств [Текст]/ В.А. Кудлаев // Мясные технологии. - 2005. - №6(30). - С. 12.

63) Кузьмин О.В. Усовершенствование процессов производства водки с целью стабилизации показателей качества [Текст]: дис...канд. техн. наук: 05.18.12: защищена 12.03.09: утв. 08.07.09 / Кузьмин Олег Владимирович. - Донецк, 2009. - 336 с.

64) Куликова Л. Вакуум вместо воздуха [Текст]/ Л. Куликова // Мясные технологии. - 2004. - №9(21). - С. 23.

65) Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства [Текст] / А.А. Курочкин, В.В. Ляшенко; под ред.. В.М. Баутина. – М.: Колос, 2001. – 440 с.

66) Лаврова Л.П. Технология колбасных изделий [Текст]/ Л.П. Лаврова, В.В. Крылова. - М.: Пищевая промышленность, 1975. – 344 с.

67) Лимонов Г.Е. Применение вибрации для интенсификации посола измельченного мяса [Текст]/ Г.Е. Лимонов, Н.В. Шипилина, С.Е. Заславский // Мясная индустрия СССР. – 1977. - № 7. - С. 28-30.

68) Максимов В.В. Воронежский механический завод – новый шаг к надежности / В.В. Максимов, Э.Ф. Сыроватский [Текст]// Мясные технологии. - 2003. - №10(10). - С. 4.

69) Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов [Текст] / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М., 1981. – 243 с.

70) Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов [Текст]: МБТ № 5061-89 - затверджені Міністерством охорони здоров'я СРСР від 1989-08-01, № 5061. – К. 1989. – 7 с.

71) Мезенова О.Я. Производство копченых пищевых продуктов [Текст]/ О.Я. Мезенова, И.Н. Ким, С.А. Бредихин. – М.: Колос, 2001. – 208 с.

72) Методичні рекомендації [Текст]: щодо формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості, затвердж. наказом Держ. комітету промислової по-

літики від 02.02.01 р. № 47. – 29 с.

73) Мезенова О.Я. Биотехнология цельномышечных сырокопченых продуктов из мяса птицы [Текст]/ О.Я. Мезенова, Т.С. Исакова//Вестник МАХ. – 2016. -№2.- С. 26-32.

74) Методические рекомендации [Текст]: по техническому и технологическому обеспечению сельскохозяйственных потребительских кооперативов по переработке мяса / Палаткин И.В., Курочкин А.А., Авроров В.А. и др. – Пенза, 2008. – 219 с.

75) Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella* [Текст]: ДСТУ EN 12824:2004 (ENV 12014-4:1998, IDT).– (Національний стандарт України). – Чинний від 2005-07-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 25 с.

76) Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*. Частина 2. Метод підрахування [Текст]: ДСТУ ISO 11290 – 2:2003 (ISO 11290 – 2:1998, IDT). – (Національний стандарт України).– Чинний від 2005-07-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 25 с.

77) Мілохова Т.А. Математичне моделювання основних показників якості процесу шприцювання ковбасного фаршу в оболонку [Текст]/ Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: темат. зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2012. - Вип.1 (15). – С. 495-501.

78) Мілохова Т.А. Поліпшення органолептичних властивостей ковбасних виробів в процесі шприцювання фарш фаршу в оболонку [Текст]/ Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Мясной бизнес. – 2012. - №4(110), апрель. – 74-77.

79) Милохова Т.А. Изменение структуры колбасного фарша под воздействием вакуума [Текст]/ Т.А. Милохова // Aktuální vymoženosti vědy – 2010: VI mezinárodní vědecká-praktická konference, Praha, 27.06.2010-05.07.2010. - Praha, 2010. - Díl.15. - S. 67 - 69.

80) Мицьк В.Е. Мясные продукты с использованием белков растительного происхождения [Текст]/ В.Е. Мицьк, Н.Р. Джурик Н.Р. – К. КТЭИ, 1980. – 108 с.

81) Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных [Текст]/

Д.К. Монтгомери; Перевод с англ.- Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.

82) Мощность без границ. Вакуумные наполнительные машины Vemag [Текст]// Мясной Бизнес. – 2005. - №8(37). – С 42 – 43.

83) Мясо и мясные продукты. Метод определения жира [Текст]: ГОСТ 23042-86. – Введ. 1986-08-08. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с. - (Государственный стандарт СССР).

84) Мясо и мясные продукты. Метод определения белка [Текст]: ГОСТ 25011-81 – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с. - (Государственный стандарт СССР).

85) Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести [Текст]: ГОСТ 7269-79 - М.: Стандартиформ, 2006.- 5 с.

86) Мясо. Метод гистологического исследования [Текст]: ГОСТ 19496-93. - Введ. 1995-01-01. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1994. – 10 с. - (Межгосударственный стандарт).

87) Напівфабрикати м'ясні. Фарш. Технічні умови [Текст]: ГСТУ 46.020-2002. – Чинний від 2003-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. - 20 с. - (Наказ Міністерства аграрної політики України N 327 від 09.10.2002).

88) Новикова Ю.А. Факторы, влияющие на образование воздушных пузырьков в колбасном фарше [Текст]/ Ю.А. Новикова, Т.А. Милохова // Техніка та технологія харчових виробництв: зб. тез студ. наук. пр. (технічна серія). – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – Вип. 2. – С. 164-165.

89) Новые рецептуры, гарантирующие качество и конкурентноспособность колбасных изделий [Текст]/ Л.С. Кудряшов, Л.И. Лебедева, О.В. Шаболдина [и др.]// Мясная индустрия. – 2004. - № 11. – С. 19–23.

90) Оборудование для убоя скота, птицы, производства колбасных изделий и птицепродуктов [Текст]: справочник / [Л.И. Алексеева, И.М. Болтенков, О.В. Большаков и др.] – М.: Пищевая промышленность, 1975. - 591 с.

91) Основы современных технологий переработки мяса. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты, ч.1. [Текст]: краткий курс. М.: Протеин технологиз интернэшнл, 1994. – 295 с.

92) Отечественные технология и оборудование для наполнения и укупоривания плодоовощных консервов [Текст] / Э.С. Гореньков, Ю.К. Туркин, А.Н. Горенькова [и др.] // Пищевая промышленность. - 2009. - №3. - С. 38 - 40.

93) Пасічний В.М. Характеристики основної м'ясної сировини та субпродуктів для виробництва ковбасних виробів вареної групи [Текст]/ В.М. Пасічний, О. Захандревич // Мясное Дело. – 2008. – №1. – С. 39 – 41.

94) Пасичный В.М. Условия и факторы стабилизации функциональных характеристик фаршевых систем [Текст]/ В.М. Пасичный // Мясной Бизнес. – 2004. – №4 (23). – С. 16 – 21.

95) Пасичный В.М. Условия и факторы стабилизации функциональных характеристик фаршевых систем / В.М. Пасичный // Мясной Бизнес. – 2004. – №5 (23). – С. 26 – 29.

96) Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности : учебник для вузов [Текст]/ А.И. Пелеев. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 685 с. [2-е изд., доп. и переработаное].

97) Петрович Й.М. Економіка підприємства [Текст]: підручник; за ред. Й.М. Петровича. – 2-е вид. – Львів: Магнолія 2006, 2008. – 580 с.

98) Планування і контроль на підприємстві [Текст]: навч. посіб. за ред. М.О. Данилюка. – Львів: Магнолія 2006, 2009. – 531 с.

99) Положение [Текст]: (стандарт) бухгалтерского учета №16 «Расходы», утвержденное приказом Министерства финансов Украины от 31.12.99 г. №318, зарегистрированным в Минюсте Украины 19.01.2000 г. под № 27/4248 с последующими изменениями.

100) Постнов Г.М. Особливість використання ультразвукових технологій в харчовій промисловості [Текст]/ Г.М. Постнов, В.М. Червоний, Д.А. Нечипоренко // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – Вип. 19. – С. 63-68.

101) Правила передзайного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів [Текст]: правила № 28. [затвержені наказом Державного департаменту ветеринарної медицини Міністерства аграрної політики України, 07.06.02, № 28].

102) Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки [Текст]: ГОСТ 9959-91. – Дата введения 1993-01-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 12 с. - (Межгосударственный стандарт).

103) Продукты из мяса. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 34159-

2017 – М.: Стандартиформ, 2017. – 12 с.

104) Продукты мясные. Методы определения содержания влаги [Текст]: ГОСТ 9793 – 74 – Введ. 1975-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1975. – 4 с. - (Государственный стандарт СССР).

105) Продукты пищевые. Метод выявления и определения количества *Staphylococcus aureus* [Текст]: ГОСТ 10444.2 – 94 – Введ. 1996-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1996. – 8 с. - (Государственный стандарт СССР).

106) Проект комплексного использования земель евразийских степей: Региональная программа действий TACIS 2004: Компоненты биоразнообразия: Маркетинговое исследование производства мяса крупного рогатого скота в Украине [Текст]: EuropeAid/124907/C/SER/Multi/5 Украина, Молдова и Западная Россия, 2008. – 33 с. (Технический отчет: Мероприятие 1.3.7а).

107) Производство мясной продукции на основе биотехнологии [Текст]/ А.Б. Лисицын, Н.Н. Липатов, Л.С. Кудряшов, В.А. Алексахина; под общ. ред. Н.Н. Липатова. – М.: ВНИИМП, 2005. – 369 с.

108) Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica [Текст]/ О.Ю. Реброва. - М.: Медиа Сфера, 2002. – 312 с.

109) Реометрия пищевого сырья и продуктов [Текст]: справочник / Под ред. Ю.А. Мачихина. - М.: Агропромиздат, 1990. -271 с.

110) Рогов И.А. Общая технология мяса и мясопродуктов [Текст]/ И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. – М.: Колос, 2000. – 367 с.

111) Рогов И.А. Химия пищи. Принципы формирования качества мясопродуктов [Текст] / И.А. Рогов, А.И. Жаринов, М.П. Воякин. – СПб.: Издательство РАПП, 2008. – 340 с.

112) Санитарные правила для предприятий мясной промышленности [Текст]: СП № 3238-85. – затверджені Міністерством м'ясної та молочної промисловості СРСР 05.08.85 № 3238. – 13 с.

113) Сировина та продукти харчові. Методи визначення ртуті [Текст]: ГОСТ 26927 – 86 – Введ. 1989-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 1986. – 15 с. - (Государственный стандарт СССР).

114) Сировина та продукти харчові. Методи визначення миш'яку [Текст]:

ГОСТ 26930 – 86 – Введ. 1987-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с. - (Государственный стандарт СССР).

115) Сировина та продукти харчові. Методи визначення міді [Текст]: ГОСТ 26931 – 86 – Введ. 1989-01-07. - М.: Изд-во стандартов, 1989. – 13 с. - (Государственный стандарт СССР).

116) Сировина та продукти харчові. Методи визначення свинцю [Текст]: ГОСТ 26932 – 86 – Введ. 1989-01-07. - М.: Изд-во стандартов, 1989. – 11 с. - (Государственный стандарт СССР).

117) Сировина та продукти харчові. Методи визначення кадмію [Текст]: ГОСТ 26933 – 86 – Введ. 1986-12-01. - М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с. - (Государственный стандарт СССР).

118) Сировина та продукти харчові. Методи визначення цинку [Текст]: ГОСТ 26934 – 86 – Введ. 1989-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 1989. – 9 с. - (Государственный стандарт СССР).

119) Скородумов П.М. Универсальные вакуумные шприцы «Vemag» [Текст] / П.М. Скородумов // Мясная индустрия. – 2003. - №9. – С. 22.

120) Скурихин И.М. Все о пище с точки зрения химика [Текст]: справ. издание / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. – М.: Высш. шк. 1991. – 288 с.

121) Соколов В.С. Использование эмульсификаторов «Karl Schnell» для производства эмульгированного фарша [Текст] / В.С. Соколов // Мясная индустрия. 2004. – №8. – С 61–64.

122) Соловатулина Р.М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве [Текст] / Р.М. Соловатулина. – М. Агропромиздат. – 1985. – 255 с.

123) Соловьёв С.В. «Интермик» представляет: Новейшая серия вакуумных шприцов «Риско» - комплексное решение для процессов наполнения [Текст] / С.В. Соловьёв // Мясное Дело. – 2004. – № 2. – С. 34 – 35.

124) Соловьёв С.В. Интермик представляет новую серию вакуумных шприцов «Риско»: комплексное решение для процессов наполнения [Текст] / С.В. Соловьёв // Мясной Бизнес. – 2006. – № 2. – С. 70–72.

125) Соловьёв С.В. Новые шприцы «Риско» с сервоприводом – генерация 2005 года [Текст] / С.В. Соловьёв // Мясное Дело. – 2005. – № 2. – С. 32.

126) Соснина В.А. Переработка мяса в мини-цехах и индивидуальных хозяй-

ствах [Текст]/ В.А. Соснина, В.А. Оноприенко, М.А. Трудова, Н.А. Рябченко. – Ставрополь, 2002. – 115 с.

127) Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст]/ А.А. Спиридонов. - М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

128) Справочник по типовым программам моделирования [Текст]/ А.Г. Ивахненко, Ю.В. Коппа, В.С. Степашко; под. ред. А.Г. Ивахненко. – К.: Техника, 1980. – 184 с.

129) Стіборовський С.Е. Технологія отримання пребіотичної суміші з використанням порошків коріння цикорію та топінамбуру [Текст]/ С.Е. Стіборовський, Ю.В. Османова // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. – Вип. 20. – С. 282-287.

130) Стіборовський С.Е. Дослідження властивостей печінкових мас при додаванні пребіотичної суміші [Текст]/ С.Е. Стіборовський, І.Б. Левіт, Ю.В. Османова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: сб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2010. – Вип. 1(11). – С. 91-97.

131) Структурно-механические характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин и др.; под ред. А.В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1982. – 296 с.

132) Сукманов В.О. Деформаційні процеси в ковбасних фаршах під дією високого тиску [Текст]/ В.О. Сукманов, І.Б. Левіт, О.В. Красногрудов // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2008. – № 1(37). – С. 121-128.

133) Сырцова Е.Д. Математические методы в планировании и управлении строительным производством [Текст]: учеб. пособие / Сырцова Е.Д. - М.: Высшая школа, 1972. – 336 с.

134) Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов [Текст]: ГОСТ 26929 – 94 – Введ. 1996-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1996. – 10 с. - (Государственный стандарт СССР).

135) Татулов Ю.В. Использование консервантов при хранении натуральных и колбасных оболочек [Текст]/ Ю.В. Татулов, И.В. Сусь // Мясные технологии. – 2003. - №7(7). - С. 1-3.

136) Технология и оборудование колбасного производства [Текст]/ И.А. Рогов, А.Г. Забашта, В.А. Алексахина, Е.И. Титов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 351 с.

137) Мілохова Т.А. До питання про формування ковбасних виробів [Текст]/ Т.А.

Мілохова, О.В. Кузьмін // Мясной бизнес. – 2013. - №8(125), сентябрь. – С. 44-49.

138) Топольник В.Г. Методика комплексної кількісної оцінки якості фаршу варених ковбас в процесі шприцювання [Текст]/ В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Мясной бизнес. – 2013. - №7(124), август. – С. 28-41.

139) Топольник В.Г. Визначення оптимальних умов шприцювання ковбасного фаршу для поліпшення органолептичних властивостей готової продукції [Текст] / В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2012. – № 1(53). – С. 112-119.

140) Топольник В.Г. Математичне моделювання споживчих показників якості ковбасного фаршу під час процесу шприцювання [Текст]/ В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. - Вип. 29. Т.1. – С. 311-317.

141) Топольник В.Г. Оцінка якості сучасного обладнання для наповнювання ковбас [Текст]/ В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2008. – № 1(37). – С. 25-31.

142) Топольник В.Г. Планування експериментального дослідження з пошуку оптимальних умов процесу шприцювання ковбасного фаршу [Текст]/ В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Наукові праці ОНАХТ. Сер.: Техн. науки. – 2011. – № 39, т. 1 – С. 274-277.

143) Топольник В.Г. Квалиметрия в ресторанном хозяйстве [Текст]: монография / В.Г. Топольник, А.С. Ратушный. - Донецк: ДонНУЭТ, 2008. - 243 с.

144) Тулеулов Е.Т. Оптимизация процессов приготовления фарша [Текст]/ Е.Т. Тулеулов, А. Еренгалиев, А.К. Какимов, Б.Б. Кабулов // Мясные технологии. - 2003. - №7(7). - С. 10.

145) Фалеев Г.А. Оборудование предприятий мясной промышленности [Текст]/ Г.А. Фалеев. - М.: Пищевая промышленность, 1966. – 456 с.

146) Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация [Текст]: курс лекций. - М.: Ассоциация авторов и изданий «Тандем», из-во «Экмос», 2000. - 320 с.

147) Харитонов В.Д. Экспериментальные образцы оборудования для обработки технологических процессов в пищевой промышленности [Текст]/ В.Д. Харитонов, В.Г. Будрик, В.Н. Троицкий, В.И. Базилов// Пищевая промышленность. -

2010. - №10. - С. 14-16.

148) Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях [Текст] / Харрингтон Дж. Х.; сокр. пер. с англ./ Авт. вступ. ст. и науч. ред. Л.А. Конарева. - М.: Экономика, 1990. - 272 с.

149) Химический состав пищевых продуктов: книга 1: справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов [Текст]/ под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224 с.

150) Химический состав пищевых продуктов: книга 2: справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов [Текст]/ под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

151) Шалдеева Н. Влияние технологических факторов на качество фаршевой продукции [Текст]/ Н. Шалдеева // Рыбное хозяйство. – 1999. - № 6. – С. 52-54.

152) Шубина Г. Воздушные пузырьки в фарше. “Виновен” ли в этом шприц-дозировщик? [Текст]/ Галина Шубина // Мясной бизнес. – 2007. – № 11 – С. 60 – 62.

153) Червяков В.М. Теоретические основы методов расчета роторных аппаратов с учетом нестационарных гидродинамических течений [Текст]: автореф. дис. на соискание учен. степени докт. техн. наук: спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» / В.М. Червяков. – Тамбов, 2007. – 34, [1] с.

154) Червяков В.М. Использование гидродинамических и кавитационных явлений в роторных аппаратах: монография [Текст]/ В.М. Червяков, В.Г. Однолько. – М.: Машиностроение, 2008. – 116 с.

155) Davies A. The microbiology of meat and poultry [Text]/ Andrew Davies, Ron Board. – London; Weinheim; New York; Tokyo; Melbourne; Madras, Blackie Academic & Professional, 1998 - 346 p.

156) Essien E. Sausage manufacture. Principles and practice [Text]/ Effiong Essien. - Cambridge. Woodhead Publishing & Boca Raton, CRC Press, 2003. – 93 p.

157) Feiner G. Meat products handbook. Practical science and technology [Text]/ Gerhard Feiner.- Cambridge, Woodhead Publishing & Boca Raton, CRC Press, 2006. – 627 p.

158) Fernandes R. Microbiology handbook meat products [Text]/ Rhea Fernandes.

- Cambridge, Leatherhead Publishing, 2009 – 297 p.

159) Frey W. Vakuumbehandlung von Fleisch- und Wurstwaren [Text]/ Fleischerei. – 1980. - №2. – S. 116-118.

160) Guerrero-Legarreta I. Handbook of poultry science and technology. Volume 1: Primary Processing [Text]/ Isabel Guerrero-Legarreta. – Hoboken; New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 788 p.

161) Hamm R., Rede R. Zur Rheologie des Fleisches [Text]: Die Fleischwirtschaft, 1975, Jg. 55, № 1, S. 199-202.

162) Harrington E.C. The desirable function [Text]/ Industrial Quality control.- 1965/21 №10 pp. 124-131.

163) Herenda D. Manual on meat inspection for developing countries [Text]/ D. Herenda, P.G. Chambers, A. Ettriqui, P. Seneviratna, T.J.P. da Silva. Rome, FAO animal production and health paper, 2000 – 361 p.

164) James S.J. Meat refrigeration [Text]/ S.J. James, C. James. - Boca Raton; Boston; New York; Washington, Woodhead Publishing Ltd, CRC Press LLC, 2002 – 347 p.

165) Kerry J. Meat processing. Improving quality [Text]/ Joseph Kerry, John Kerry, David Ledward. - Boca Raton; Boston; New York; Washington, Woodhead Publishing Limited, CRC Press LLC, 2002. – 464 p.

166) Lawrie R.A. Lawrie's meat science [Text]/ R.A. Lawrie, D.A. Ledward, Boca Raton; Boston; New York; Washington, Woodhead Publishing Ltd, CRC Press LLC, 2006 – 442 p.

167) Mead G.C. Microbiological analysis of red meat, poultry and eggs [Text]/ G.C. Mead. - Boca Raton; Boston; New York; Washington, Woodhead Publishing Ltd, CRC Press LLC, 2007 – 348 p.

168) Muller W.D. Fuellen und Raeuchern bei Bruehwurst [Text]// Fleischwirtschaft. – 1985. - №65(3). – S. 287-303, 344.

169) Nollet Leo M.L. Advanced technologies for meat processing [Text]/ Leo M. L. Nollet, Fidel Toldra. - Boca Raton; London; New York, Taylor & Francis Group, 2006. - 483 p.

170) Nollet Leo M.L. Handbook of meat, poultry and seafood quality [Text]/ Leo M. L. Nollet, Terri Boylston, Feng Chen et al. – Ames; Oxford; Carlton, Blackwell Publishing, 2007 - 719 p.

171) Plewa M., Ristau R.K. Continual vacuumized filling/stuffing equipment [Text] // Fleischerei. – 1984. - №35(12). – S. 7-8.

172) Plewa M., Ristau R.K. Kontinuierliche Vakuum-Fuellmaschinen fuer Handwerksbetriebe // Fleischerei. – 1983. - №34(12). – S. 1017-1020.

173) Ranken M.D. Handbook of meat product technology [Text]/ M.D. Ranken. – Oxford, Blackwell Science Ltd., 2000. - 242 p.

174) Sams A.R. Poultry meat processing [Text]/ Alan R. Sams. - Boca Raton; London; New York; Washington, Taylor & Francis Group, CRC Press LLC, 2001 - 334 p.

175) Sommers C.H. Food irradiation research and technology [Text]/ Christopher H. Sommers, Xuetong Fan. Ames; Oxford; Carlton, Blackwell Publishing, The Institute of Food Technologists, 2006 – 317 p.

176) Toldra F. Meat Biotechnology [Text]/ Fidel Toldra. – Valencia, Springer Science+Business Media, 2008 – 465 p.

177) Toldra F. Handbook of fermented meat and poultry [Text]/ F. Toldra, Y.H. Hui, I. Astiasaran et al. - Valencia, Blackwell Publishing, 2007 – 555 p.

178) Warriss P.D. Meat science. An introductory text [Text]/ P.D. Warriss. - Bristol, CABI Publishing, 2000. – 310 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Методика исследования качественных характеристик продукта

Методы исследования физико-химических показателей

МД влаги определяли по ГОСТ 4288-76 [39] Бюксу высушивали до постоянной массы, параллельно взвешивали две порции фарша по 5 г каждый с погрешностью не более 0,001 г и распределяли их в бюксы, после чего помещали в сушильных шкаф. Эти две навески высушивали при температуре $(130 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 1 ч 20 мин, после чего бюксу охлаждали в эксикаторе и взвешивали..

МД влаги (X) в процентах определяли по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%, \quad (A.1)$$

где m - масса навески, г;

m_1 - масса бюксы с навеской до высушивания, г;

m_2 - масса бюксы с навеской после высушивания, г.

МД белка определяли по ГОСТ 25011-81 [84] - метод Кьельдаля. На пергаментной бумаге взвешивали 2 г колбасного фарша (погрешность не более 0,001г). Затем навески помещали в колбу Кьельдаля, добавляли несколько кусочков фарфора, 15,5 г медного катализатора, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, и 25см³ серной кислоты. Содержимое колбы перемешивали и колбу подвешивали под углом 40° относительно вертикали на установке для сжигания. Содержимое колбы подогревали до появления пены и полного растворения пробы. Не прекращая нагрев, колбу оборачивали вокруг своей оси до полного осветления содержимого. После осветления нагрев не прекращали 90 мин. Длительность минерализации составила 120 мин. Затем содержимое колбы охлаждали до температуры 40°C, добавляли 50 см³ воды, перемешивали и охлаждали до комнатной температуры.

Далее содержимое колбы Кьельдаля подвергали простой перегонке, для этого смонтировано соответствующую установку.

Для простой перегонки разбавляли содержимое колбы Кьельдаля, добав-

ляли 300 см³ воды, перемешивали и охлаждали до комнатной температуры, добавляли 4 куса пемзы и 3 капли парафинового масла. Затем добавляли 100 см³ раствора гидроокиси натрия таким образом, что он образовывал отдельный слой на дне колбы Кьельдаля, и быстро подключали колбу к установке для перегонки. Перегонку заканчивали после получения 150 см³ дистиллята.

После сбора дистиллята химический стакан опускали таким образом, что нижний конец холодильника находился над уровнем дистиллята, споласкивали конец холодильника водой и проверяли с помощью лакмусовой бумажки изменение окраски конденсата стекающего из холодильника. При отсутствии изменений окраски перегонку заканчивали.

Далее содержимое стакана титровали раствором соляной кислоты 0,1 моль/дм³, применяли бюретку, и отмечали с погрешностью не больше 0,02 см³ количество затраченной кислоты. Полученные результаты титрования использовали для вычисления содержания общего азота и последующего пересчета на белок.

С каждой пробы проводят два параллельных определения. Контрольную пробу проводили также как и исследуемую. Вместо колбасного фарша использовали дистиллированную воду.

Содержание общего азота (X) в процентах, вычисляли по формуле:

$$X = \frac{0,14 \cdot (V_1 - V_2)}{m}, \% \quad (\text{A.3})$$

где m - масса пробы, г;

V_1 - объем, пошедший на титрование 0,1 моль / дм³ кислоты (0,1н-0,1н), израсходованный на титрование исследуемой пробы, см³;

V_2 - объем холостой пробы 0,1 моль / дм³ кислоты (0,1 н - 0,1 н), израсходованный на титрование контрольной пробы, см³.

Содержание общего белка (X_1), в процентах, вычисляли по формуле:

$$X_1 = 6,25 \cdot X, \% \quad (\text{A.4})$$

где X - среднее содержание общего азота в испытуемой пробе, которое вычислено по формуле (Б.3), %.

ВПС фарша проводили по методике Коган М.Б. [122], а именно взвешивали на весах пробу массой 0,3 г на полиэтиленовом круге. Навеску перемещали на беззольный бумажный фильтр между двумя горизонтально расположенными стеклянными пластинами и на 10 минут накладывали килограммовый груз. Пятно, оставшееся от исследуемой пробы и пятно после высыхания фильтра, свидетельствующее о доле отпрессованной воды, обводилось карандашом. Далее с помощью планиметра определялась площадь, обведенная внешним и внутренним контурами.

Содержание ВПС определяется по формулам:

$$X_1 = \frac{(A - 8,4 \cdot B)}{n} \cdot 100, \% \quad (\text{A.5})$$

$$X_2 = \frac{(A - 8,4 \cdot B)}{A} \cdot 100, \% \quad (\text{A.6})$$

Где X_1 – содержание связанной влаги, % к массе мяса;

X_2 – содержание связанной влаги, % к общей влаге;

A – общее содержание влаги в навеске, мг;

n – масса навески, мг;

B – площадь влажного пятна, см².

ВУС и ЖУС говядины определялись по методике Р.М. Салаватулиной [122]: готовили суспензию интервалом 0,5 г воды (растительного масла) на грамм препарата (навеска 2г). Тщательно перемешивали до однородной консистенции и переносили в стеклянные центрифужные пробирки объемом 30 мл, помещали в термостат с $t = 74-76$ °С и выдерживали 15 минут. Затем пробирки охлаждали в холодной воде до комнатной температуры и центрифугировали на центрифуге ОПН при 1500 об/мин. в течении 15 минут.

За величину ВУС и ЖУС принимали максимальное количество добавленной воды (масла), при котором не наблюдается разделение водной (жировой) фазы в процессе испытания, в пересчете на 1 г препарата. Расчет ВУС/ЖУС

проводили по формуле:

$$ВУЗ(ЖУЗ) = \frac{c - \epsilon}{\epsilon - a} \cdot 100, \%, \quad (A.7)$$

где a – масса пустой центрифужной пробирки, г;

ϵ – масса пробирки с образцом, г;

c – масса пробирки с образцом со связанной влагой (маслом) г.

При определении **микроструктуры** колбасного фарша используется метод гистологического анализа, который состоит из основных этапов: фиксация образцов; подготовка образца для изготовления срезов тканей; приготовление образцов; окраска и размещение образцов под покровным стеклом; микроскопия готовых препаратов и обработки результатов исследований, изготовление микрофотографий.

Для сохранения структуры тканей использовали фиксатор - формалин, который быстро проникает в глубину материала и обеспечивает долгосрочное сохранение формы и структуры исследуемого объекта, стабилизацию липидов

После фиксации фарш промывали под проточной водой для удаления формалина, а потом заливали парафином. Через несколько дней образцы подвергали микротомированию. Срезы получали на санном микротоме толщиной 8 мкм.

Для определения изменений в мышечной ткани было проведено окрашивание гематоксилином Эрлиха, для изучения микроструктуры соединительной ткани использовали метод Ван-Гизона.

Методы исследования структурно-механических свойств колбасного фарша с помощью вискозиметра.

Вискозиметр состоит из измерительного привода с быстросъемным соединением для ротора или конуса и соединителем измерительной трубки.

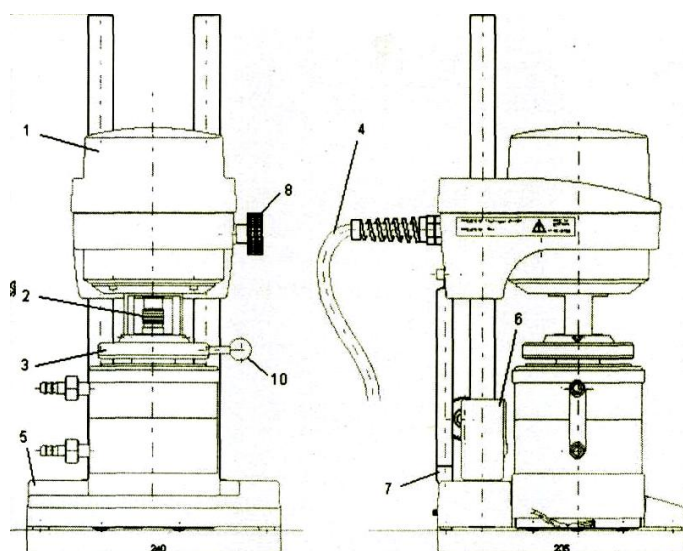


Рис. А.1. Ротационный вискозиметр «Rheotest RN 4.1»:

1 – измерительный привод; 2 – быстросъемное устройство; 3 – соединитель измерительной трубки; 4 – кабель для подключения блока управления; 5 – штатив; 6 – измерительная пластина

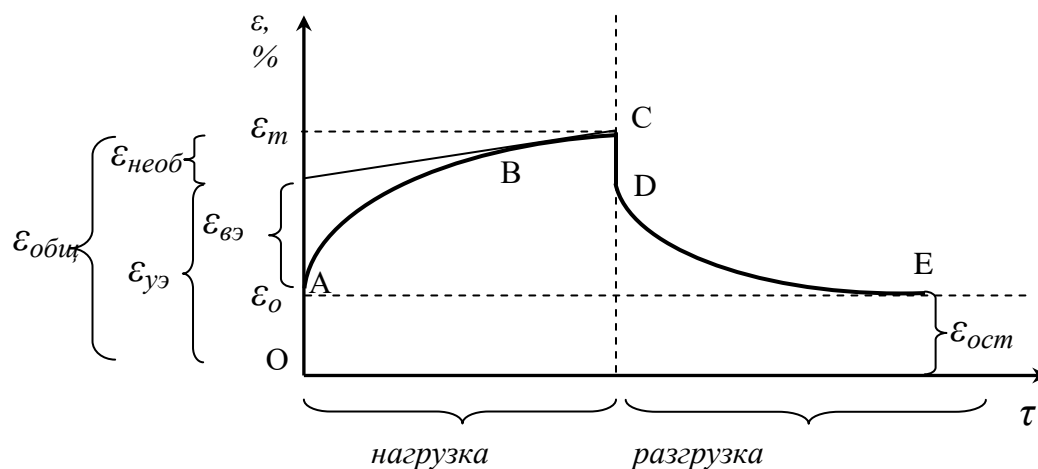


Рис. А.2 Кривая кинетики деформации исследуемого образца под действием приложенного напряжения (при нагрузке и разгрузке)

Колбасные фарши подчинены принципу суперпозиции, на основе которого общую деформацию материала в каждый момент времени считаем суммой четырех деформаций, то есть кривая ползучести - участок AC состоит из четырех составляющих: вязкое течение; мгновенная упругая деформация; упругая деформация запаздывания; пластичное течение.

После прикладывания напряжения возникает мгновенная упругая дефор-

мация - участок OA. Считаем, что эта деформация возникает непосредственно после приложения нагрузки, скорость распространения деформации практически мгновенна, и она удерживается постоянно, пока осуществляется прилагаемое напряжение.

На участке AC происходит вязко-пластичное течение, скорость деформации постепенно уменьшается и равняется постоянной величине, то есть происходит установление ползучести.

Упругая деформация запаздывания пропорциональна напряжению, которое прилагается, и описывается монотонно растущей ограниченной функцией, которая зависит от времени. Темпы роста упругой деформации запаздывания снижаются, пока ее наклон не становится равным нулю.

Суммарная деформация (отрезок CQ) в момент времени $t = 120\text{с}$ состоит из мгновенной упругой деформации, упругой деформации запаздывания, вязкого и вязко-пластичного течения.

После снятия напряжения (точка C) мгновенная упругая деформация исчезает. Появление вязких и пластичных деформаций невозможно без действия напряжения, но они остаются после ее снятия. То есть деформации вязкого и пластичного течения остаются постоянными и равняются величине, которую они достигли в момент снятия напряжения (кривая релаксации DE).

Упругая деформация запаздывания сначала исчезает с большей скоростью, потом ее скорость с течением времени монотонно уменьшается, и эта деформация асимптотически приближается к конечному значению.

Поскольку упругая деформация запаздывания имеет непрерывный характер, кривые возобновления являют собой зеркальное отражение кривой роста упругой деформации запаздывания.

По кривым ползучести, которые получены во время вискозиметрирования, определяются числовые значения, и зависимости деформации от времени.

Постоянные, которые входят в уравнения, определяются в зависимости между напряжением, временем ее действия и деформацией, характеризующие механические свойства фарша.

Момент снятия нагрузки устанавливают после 120 с.

По данным кривых деформации находили следующие характеристики:

- упругость (%):
$$y_p = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_m} \cdot 100, \quad (\text{A.8})$$

- пластичность (%):
$$\Pi_p = \frac{\varepsilon_{pl}}{\varepsilon_m} \cdot 100, \quad (\text{A.9})$$

- эластичность (%):
$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\varepsilon\varepsilon}}{\varepsilon_{\gamma\varepsilon}} \cdot 100, \quad (\text{A.10})$$

- модуль эластичности (Па/м):
$$E\varepsilon = \frac{P}{\varepsilon_{\varepsilon\varepsilon}}, \quad (\text{A.11})$$

- модуль мгновенной упругости (Па/м):
$$E_y = \frac{P}{\varepsilon_0}, \quad (\text{A.12})$$

- напряжение на образец (Н):
$$P = \frac{F}{S},$$

(A.13)

где F – масса груза, кг;

S – плоскость пересечения образца, м².

Общую деформацию при условии действия напряжения τ_0 в течение $t = 120$ с (к моменту снятия нагрузки) находили в виде:

$$\gamma(t) = \gamma_0(t) + \gamma_2(t) + \gamma_3(t) + \gamma_4(t), \quad (\text{A.14})$$

где γ_0 – мгновенная упругая деформация уменьшающаяся самопроизвольно после снятия нагрузки;

γ_2 – деформация вязкого течения;

γ_3 – деформация упругого опоздания;

γ_4 – деформация вязко-пластичного течения

Деформация при малом напряжении остается постоянной во времени, а после снятия напряжения мгновенно и полностью исчезает.

Методы исследования структурно-механических свойств фарша с помощью пластометра

Метод основан на определении деформации как смещения, отнесенного к толщине образца, - 8 мм, массы нагрузки - 40 г. Основной степенью процесса является не деформация, а податливость, то есть деформация, отнесенная к постоянному действующему напряжению. Пластичность в условиях поведения является константой и не зависит от напряжения. Деформацию сдвига определяли по смещению иглы, закрепленной на верхней пластине гибкой связью с датчиком линейных перемещений. Из полученных результатов определяли вязко-упругие свойства системы: мгновенный модуль упругости (G_m), обратную ($\gamma_{об}$) и необратимую ($\gamma_{необ}$) деформации, и коэффициент соотношения обратной деформации к общей (K_γ), а также вязкость (η), которую рассчитывали как тангенс угла наклона линейного участка графика

$$\gamma = f(\tau).$$

Коэффициент отношения обратимой деформации к общей определяли:

$$K_\gamma = \frac{\gamma_{об}}{\gamma_{заг}}, \quad (A.15)$$

Распределение общей деформации на обратимую и необратимую проводили путем экстраполяции линейного участка графика на оси координат.

Напряжение сдвига определяли по формуле:

$$\tau = \frac{m \cdot g}{S}, \quad (A.16)$$

где τ - напряжение сдвига, Па;

m - масса груза, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

S - площадь пластинки, м².

Податливость системы определяли:

$$I = \frac{\gamma_m}{\tau}, \quad (\text{A.17})$$

где I – податливость системы, Па⁻¹.

Модуль мгновенной упругости определяли:

$$G_m = \frac{l}{I}, \quad (\text{A.18})$$

где G_m - модуль мгновенной упругости, Па.

Модуль эластичности определяли:

$$G_{\text{эл}} = \frac{\tau}{\gamma_{\text{эл}}}, \quad (\text{A.19})$$

где $G_{\text{эл}}$ - модуль мгновенной упругости, Па;

$\gamma_{\text{эл}}$ - относительная эластичная деформация.

Пластическую вязкость определяли по формуле:

$$\eta_0^* = \frac{\tau}{\text{tg}\alpha}, \quad (\text{A.20})$$

где η_0^* - пластическая вязкость, Па·с;

$\text{tg}\alpha$ – угол наклона начального линейного участка кривой к оси абсцисс.

Вязкость упругого последействия по формуле:

$$\eta_{\text{уп}} = \frac{\tau}{\text{tg}\beta}, \quad (\text{A.21})$$

где $\text{tg}\beta$ - угол наклона начального линейного участка кривой к оси абсцисс.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Методика статистической обработки данных

Модель объекта записываем в виде полинома некоторой степени (в зависимости от необходимой точности) [37, 46, 81]:

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{l=j+1}^k \beta_{jl} x_j x_l + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} x_j^2 + \dots, \quad (\text{Б.1})$$

где y - исходная переменная (целевая функция, или параметр оптимизации);

x_j - входные переменные, или факторы ($j = 1, k$);

k - число факторов.

Поскольку точные значения коэффициентов уравнения (Б.1) определить невозможно, поэтому вместо действительных значений коэффициентов β отыскиваем их оценки b .

Тогда уравнение (Б.1) принимает вид [7, 127]:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{l=j+1}^k b_{jl} x_j x_l + \sum_{j=1}^k b_{jj} x_j^2 + \dots, \quad (\text{Б.2})$$

Уравнение (Б.2) называется уравнением регрессии, а коэффициенты b_0 , b_j , b_{jl} , b_{jj} - коэффициентами регрессии.

При первичном исследовании объекта применено линейное уравнение регрессии [127]:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k. \quad (\text{Б.3})$$

Для каждого ряда матрицы планирования по результатам n параллельных опытов находили среднее арифметическое значение параметра оптимизации - \bar{y}_j [1, 35, 81, 128]:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n y_{ju}, \quad (\text{Б.4})$$

где u - номер параллельного опыта;

y_{ju} - значения параметра оптимизации в u -м параллельном опыте j -го ряда матрицы;

n - число параллельных опытов.

С целью оценки отклонений параметра оптимизации от его среднего значения для каждого ряда матрицы планирования вычисляли дисперсию опыта по данным n параллельных опытов

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{u=1}^n (y_{ju} - \bar{y}_j)^2, \quad (\text{Б.5})$$

где $n-1=f$ - число степеней свободы - величина, которая показывает, какое число связей независимых наблюдений осталось не задействованными.

Ошибку S_j опыта определяли как квадратный корень из дисперсии опыта

$$S_j = + \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{u=1}^n (y_{ju} - \bar{y}_j)^2}. \quad (\text{Б.6})$$

Ошибка опыта при большом рассеянии будет значительной. Рассеяние результатов эксперимента определяется влиянием неуправляемых факторов, погрешностями измерений и другими причинами. Большое рассеяние величины, которая изучается, может состояться из-за наличия в эксперименте опытов, которые дали сомнительные результаты [127].:

После вычисления по формуле (Б.5) дисперсий проверяем гипотезу их однородности. Проверка однородности двух дисперсий проводим с помощью F-критерия Фишера, который является отношением большей дисперсии к меньшей:

$$F = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2}, \quad (\text{Б.7})$$

где S_{max}^2 и S_{min}^2 - наибольшая и наименьшая дисперсия.

Если наблюдаемое значение F_p - критерия меньше табличного $F_{табл.}$ для соответствующих чисел степеней свободы и принятого уровня значимости, то дисперсии однородны.

Однородность ряда дисперсий проверяем по критерию Кохрена. При равномерном дублировании опытов однородность ряда дисперсий проверяем с по-

мощью G- критерия Кохрена, который является отношением максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий,

$$G_p = \frac{S_{max}^2}{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_N^2} = \frac{S_{max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} \quad (\text{Б.8})$$

Дисперсии однородны, если расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения $G_{\text{табл.}}$ - критерия. Если $G_p > G_{\text{табл.}}$, то дисперсии неоднородны, а это указывает на то, что исследуемая величина y не подчиняется нормальному закону. В этом случае нужно попробовать заменить y случайной величиной $q=f(y)$, достаточно близко следующей нормальному закону.

Если дисперсии S_j^2 опытов однородны, то дисперсию S_y^2 воспроизводимости эксперимента вычисляем по выражению:

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2, \quad (\text{Б.9})$$

где N - число опытов или число рядов матрицы планирования.

По результатам эксперимента вычисляем коэффициент модели. Свободный член b_0 определяют по формуле:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{y}_j. \quad (\text{Б.10})$$

Коэффициенты регрессии, которые характеризуют линейные эффекты, вычисляем по выражению:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} \bar{y}_j. \quad (\text{Б.11})$$

Коэффициенты регрессии, которые характеризуют эффекты взаимодействия, определяем по формуле:

$$b_{il} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{lj} \bar{y}_j. \quad (\text{Б.12})$$

где i, l - номера факторов; x_{ij}, x_{lj} - кодируемые значения факторов i и l в j -м опыте.

Формулы (Б.10 - Б.12) получены в результате использования метода наименьших квадратов [127].

Коэффициенты b_0 , b_i , b_{i1} - это оценки теоретических коэффициентов β_0 , β_i , β_{i1} регрессии. Оценки, найденные с помощью метода наименьших квадратов, являются наилучшими в том смысле, что они распределены нормально со средними значениями, равными теоретическим коэффициентам, и с наименьшими возможными дисперсиями [127].

Вычислив коэффициенты модели, проверяем их значимость. Проверку значимости коэффициентов можно проводить двумя способами: 1) сравнению абсолютной величины коэффициента с доверительным интервалом; 2) с помощью t - критерия Стьюдента [127].

При активном планировании эксперимента, когда в каждой строке плана число параллельных опытов n одинаково, дисперсию коэффициентов регрессии S_{bi}^2 коэффициента определяем по формуле:

$$S_{bi}^2 = \frac{S_y^2}{nN}. \quad (\text{Б.13})$$

Ошибку в определении коэффициента регрессии S_{bi} вычисляем по формуле:

$$S_{bi} = +\sqrt{S_{bi}^2}. \quad (\text{Б.14})$$

Доверительный интервал Δ_{bi} находим по формуле:

$$\Delta b_i = \pm t \cdot S_{bi}, \quad (\text{Б.15})$$

где t - табличное значение критерия при принятом уровне значимости и числе степеней свободы f , с которым определялась дисперсия S_y^2 ; при равномерном дублировании опытов число степеней свободы находится по выражению $f = (n-1)N$, где N - число опытов в матрице планирования, а n - число параллельных опытов. Значения t приведены в табл. А.4 [127].

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала.

При проверке значимости коэффициентов вторым способом вычисляемый t_p - критерий Стьюдента по выражению:

$$t_p = \frac{|b_i|}{S_{bi}} \quad (\text{Б.16})$$

и сравниваем его с табличным t_T . Коэффициент значим, если $t_p > t_T$ для принятого уровня значимости и числа степеней свободы, с которым определялась дисперсия S_y^2 .

Статистически значимые коэффициенты подставляем в уравнение регрессии.

После расчета коэффициентов модели и проверки их значимости определяем дисперсию $S_{ад}^2$ адекватности. Остаточная дисперсия или дисперсия адекватности, характеризует рассеяние эмпирических значений в относительно расчетных, определенных по найденному уравнению регрессии. Дисперсию адекватности определяем по формуле:

$$S_{\hat{a}\hat{a}}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N - m}, \quad (\text{Б.17})$$

где \bar{y}_j - экспериментальное (среднее арифметическое) значение параметра

оптимизации в j -м опыте;

\hat{y}_j - расчетное значение параметра оптимизации, вычисленное по модели для условий j -го опыта;

N - число рядов матрицы;

m - число значимых коэффициентов уравнения, включая b_0 .

Последним этапом обработки результатов эксперимента является проверка гипотезы адекватности найденной модели. Проверку этой гипотезы проводим по F -критерия Фишера:

$$F_p = \frac{S_{\hat{a}\hat{a}}^2}{S_y^2}. \quad (\text{Б.18})$$

Если значение $F_p < F_{табл.}$ для принятого уровня значимости и соответст-

вующих чисел степеней свободы, то модель считаем адекватной. При $F_P > F_{табл.}$ гипотезу адекватности отбрасываем.

Гипотеза об адекватности ($F_P < F_{табл.}$) математически корректная проверка, но она не устраивает технологов. Когда производственный процесс моделируется на основе лабораторных экспериментов, S_y^2 обычно бывает сильно заниженной, и модель формально признается неадекватной, даже если при достаточном числе степеней свободы точность прогноза удовлетворяет технолога, который допускает использовать модель в ситуации, в которой дисперсия исходного параметра значительно более высока, чем S_y^2 . В этом случае представляется разумной рекомендация - при проверке гипотезы об адекватности использовать не S_y^2 а дисперсию S_{y0}^2 того реального процесса, для анализа которого получена математическая модель. Предусматривается, конечно, что "модельный" эксперимент и реальный процесс описываются одним и тем же уравнением регрессии.

Поскольку уравнение регрессии неудобно для интерпретации полученных результатов и практических расчетов, потому его превращаем по формулам перехода [1]:

$$x_j = \frac{\tilde{x}_j - \tilde{x}_{j0}}{I_j}, \quad (\text{Б.19})$$

где x_j - кодируемое значение фактора;

\tilde{x}_j - натуральное значение фактора;

\tilde{x}_{j0} - натуральное значение основного уровня;

I_j - интервал варьирования;

j - номер фактора.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Характеристики и показатели качества сырья и готового продукта

Характеристики и показатели качества сырья

Химический состав мясного сырья исследовано и систематизировано в научной литературе [120, 149, 150].

Функционально-технологические характеристики фарша [95] (соотношение белок/вода/жир [94]), а также структурно-механические характеристики [80, 122, 150] зависят от: качества сырья [95]; способа посола сырья (сухой, мокрый, смешанный) [53]; уровня и типа разработки фарша (структурированный, бесструктурный, тонкодисперсный, грубодисперсный, куттерованный, вымешенный); времени, которое прошло после изготовления; условий хранения [95]. В комплексе с другими показателями они могут давать как улучшение, так и ухудшение технологических показателей фаршевых эмульсий [80, 122, 150].

Согласно ДСТУ 4436: 2005 [54] колбасную продукцию производят в зависимости от сорта с соблюдением ограничений относительно сырья (таблица В.1).

Таблица В.1

Сырье используемое во время выработки колбасных изделий

Сырье	Норма, %										
	вареные колбасы				сосиски		сардельки		хлебы мясные		
Сорт	ВС	I	II	III	ВС	I	ВС	I	ВС	I	II
Мясо жилованное, сало, жир-сырец, субпродукты, сыр, сливки, молоко, яйца куриные, масло, не меньше	100	70	60	50 (субпродукты II кат.)	100	70	100	70	100	70	60
Другие виды сырья, не более чем, в частности:	-	30	40	50	-	30	-	30	-	30	40
- стабилизатор белковый (из коллагенового сырья, шкуры свиной)	-	10	20	30	-	10	-	10	-	10	20
- мясная масса говяжья, свиная, баранья, мясо птицы механической обвалки	-	10	20	30	-	10	-	10	-	10	20
- препараты белковые в гидратированном виде (соевые, молочные)	-	10	15	20	-	10	-	10	-	10	15
- крупы	-	5	6	7	-	3	-	3	-	5	6

- крахмал, мука пшеничная	-	3	4	5	-	3	-	3	-	3	4
---------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Во время производства колбасных изделий ВС должно быть использовано (в % к общей массе сырья) [54]: не меньше чем 20 % говядины жилованной ВС или 45 % свинины жилованной нежирной; не более чем 35 % говядины жилованной I сорта или 50 % свинины жилованной жирной, грудинки свиной, сала, жира-сырца, мяса котлетного из свинины; не более чем 30 % субпродуктов I категории (язык, печенка, сердце говяжье, баранье и свиное, мозг говяжий). Запрещено использовать: говядину жилованную II сорта, жирную, односортную, колбасную; мясо котлетное из говядины; пищевые добавки (кроме нитрита натрия, фосфатов, аскорбиновой кислоты) [54].

Во время производства колбасных изделий I сорта необходимо использовать [54]: не меньше чем 35 % говядины жилованной I сорта или 30 % свинины жилованной полужирной; не меньше чем 50 % баранины (козлятины, мяса козюль) односортной для колбасных изделий из мяса баранины; не более чем 30 % субпродуктов I категории

Во время производства колбас и мясных хлебов II сорта нужно использовать [54]: не меньше чем 60 % говядины жилованной II сорта, односортной, колбасной, жирной, мяса котлетного из говядины; не более чем 35 % мясной обреси и мяса голов говяжьих и свиных.

Во время производства колбас III сорта нужно использовать не меньше чем 50 % (к общей массе сырья) субпродуктов II категории [54].

Для колбасных изделий I, II и III сортов (кроме традиционного ассортимента) разрешено использовать эмульгаторы, стабилизаторы структуры, цвета и тому подобное согласно действующим НД при наличии вывода государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы [54].

Характеристики и показатели качества фарша

По органолептическим и физико-химическим показателям фарш должен отвечать требованиям, которые приведены в таблице В.2. По показателям безопасности фарш должен отвечать требованиям, отмеченным в таблице В.3. По

микробиологическим показателям фарш должен отвечать требованиям, значащимся в таблице В.4.

Содержание микотоксинов, антибиотиков, нитрозаминов, гормональных препаратов и пестицидов не должно превышать допустимых уровней, установленных МБТ № 5061-89 [70].

Таблица В.2

Органолептические и физико-химические показатели фарша [87]

Название показателя	Характеристика и норма для фарша				
	говяжьего	свиного	домашнего	бараньего	особенного
Внешний вид	Однородно измельченная на волчке с диаметром отверстия решетки 2-3 мм масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани				
Вид на разрезе	Фарш хорошо перемешанный				
Цвет	От темно-красного до светло-розового				
Запах (свежесть)	Свойственный доброкачественному сырию				
Массовая доля жира, %, не более	17	50	33,5	10	30
Массовая доля влаги, %, не более	-	-	-	-	60
Масса одной порции, г	250±5	500±10	1000±10	250±5	500±10
	1000±10	250±5	500±10	1000±10	250±5
	500±10	1000±10	250±5	500±10	

Таблица В.3

Микробиологические показатели фарша [87]

Наименование показателя	Норма
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАнМ), КОЕ в 1 г	$1 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^7$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в 0,001 г	Не допускается

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Экспериментальные данные колбасного фарша

Экспериментальные данные влияния температуры фарша на его качественные показатели

Т, К	Органо- лептиче- ская оце- нка, балл		ВПС, %		ВУС, %		ЖУС, %		Эффективная вязкость, Па·с		Предельное напряжение сдвига, Па		Объемная деформация, %		МД белка, %		МД влаги, %		Количество МАФАНМ		Выход го- товой про- дукции к массе сы- рья, %	
	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3
273	2,86	2,83	42,91	42,70	47,35	48,80	52,39	54,35	546,04	543,00	842,24	833,60	10,69	10,72	14,41	14,48	58,56	57,70	590,00	588,00	112,20	113,34
	2,80		42,49		50,25		56,31		539,96		824,96		10,75		14,55		56,84		586,00		114,48	
276	3,31	3,32	50,24	49,40	50,92	49,55	57,75	56,50	580,86	573,60	862,96	852,80	10,68	10,70	15,12	14,94	58,01	57,05	578,13	567,40	113,49	115,10
	3,33		48,56		48,18		55,25		566,34		842,64		10,72		14,76		56,09		556,67		116,71	
279	3,56	3,53	53,23	52,55	48,67	50,35	57,23	58,35	596,00	590,00	871,35	856,80	10,81	10,85	14,66	14,99	54,09	55,55	544,93	554,40	113,53	115,67
	3,50		51,87		52,03		59,47		584,00		842,25		10,89		15,32		57,01		563,87		117,81	
282	3,49	3,47	52,42	52,75	49,13	50,65	60,04	59,05	586,80	583,60	864,60	853,60	11,18	11,12	14,97	14,89	55,29	55,05	547,61	543,70	114,27	115,64
	3,45		53,08		52,17		58,06		580,40		842,60		11,06		14,81		54,81		539,79		117,01	
285	3,15	3,12	51,76	50,90	49,09	49,75	57,97	58,95	571,69	564,00	853,68	848,00	11,68	11,73	14,43	14,36	55,50	56,00	538,11	548,40	113,40	114,44
	3,09		50,04		50,41		59,93		556,31		842,32		11,78		14,29		56,50		558,69		115,48	
288	2,17	2,15	44,24	43,15	51,57	49,60	57,12	59,20	545,69	534,80	851,77	842,40	11,97	12,04	14,35	14,29	56,69	55,80	544,79	537,60	112,71	113,84
	2,13		42,06		47,63		61,28		523,91		833,03		12,11		14,23		54,91		530,41		114,97	
291	2,04	2,02	43,11	41,75	48,73	49,40	61,31	60,55	519,14	528,00	813,71	828,80	12,34	12,25	13,99	14,17	55,10	55,75	548,50	534,40	111,60	112,76
	2,00		40,39		50,07		59,79		536,86		843,89		12,16		14,35		56,40		520,30		113,92	

Таблица Г.2

Расчет дисперсии S_j^2 для показателей качества колбасного фарша

Температура, К	Органо-лептическая оценка, балл	ВПС фарша, %	ВУС фарша, %	ЖУС фарша, %	Эффективная вязкость, Па·с	Предельное напряжение сдвига, Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги, %	Количество МАФАНМ	Выход готовой продукции к массе сырья, %
	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2
273	0,0009	0,0441	2,1025	3,8416	9,2416	74,6496	0,0009	0,0049	0,7396	4,0000	1,2996
276	0,0001	0,7056	1,8769	1,5625	52,7076	103,2256	0,0004	0,0324	0,9216	115,1329	2,5921
279	0,0009	0,4624	2,8224	1,2544	36,0000	211,7025	0,0016	0,1089	2,1316	89,6809	4,5796
282	0,0004	0,1089	2,3104	0,9801	10,2400	121,0000	0,0036	0,0064	0,0576	15,2881	1,8769
285	0,0009	0,7396	0,4356	0,9604	59,1361	32,2624	0,0025	0,0049	0,2500	105,8841	1,0816
288	0,0004	1,1881	3,8809	4,3264	118,5921	87,7969	0,0049	0,0036	0,7921	51,6961	1,2769
291	0,0004	1,8496	0,4489	0,5776	78,4996	227,7081	0,0081	0,0324	0,4225	198,8100	1,3456
$\sum_{j=1}^7 S_j^2$	0,0040	5,0983	13,8776	13,5030	364,4170	858,3451	0,0220	0,1935	5,3150	580,4921	14,0523
S_{max}^2	0,0009	1,8496	3,8809	4,3264	118,5921	227,7081	0,0081	0,1089	2,1316	198,8100	4,5796
S_{min}^2	0,0001	0,0441	0,4356	0,5776	9,2416	32,2624	0,0004	0,0036	0,0576	4,0000	1,0816
F_p	9,00	41,94	8,91	7,49	12,83	7,06	20,25	30,25	37,01	49,70	4,23

Экспериментальные данные влияния давления шприцевания на качественные показатели фарша

$P_{д.н}$ МПа	Органо- лептическая оце- нка, балл		ВПС фа- рша, %		ВУС фа- рша, %		ЖУС фа- рша, %		Эффектив- ная вяз- кость, Па·с		Предельное напряжение сдвига, Па		Объемная деформация, %		МД белка, %		МД влаги, %		Количес- тво МА- ФАНМ		Выход готовой продукции к массе сырья %	
	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3	y_3	\bar{y}_3
0,00	2,86	2,83	42,91	42,70	47,35	48,80	52,39	54,35	546,04	543,00	849,13	833,6	10,52	10,72	14,41	14,48	58,56	57,70	590,00	588,0	112,20	113,34
	2,80		42,49		50,25		56,31		539,96		818,07		10,92		14,55		56,84		586,00		114,48	
0,75	3,86	3,83	50,54	50,85	58,92	56,80	63,45	60,30	570,12	572,25	978,98	988,8	10,27	9,78	15,40	15,22	58,22	57,20	542,63	544,8	112,36	113,46
	3,80		51,16		54,68		57,15		574,38		998,62		9,29		15,04		56,18		546,97		114,56	
1,50	4,26	4,37	54,13	53,80	58,37	57,70	62,23	63,35	625,18	611,20	1071,35	1035,2	7,85	8,87	15,16	15,36	57,58	56,98	484,70	488,0	113,08	111,60
	4,48		53,47		57,03		64,47		597,22		999,05		9,89		15,56		56,38		491,30		110,12	
2,25	4,35	4,33	51,00	51,30	56,73	56,30	64,76	62,85	660,62	650,80	1063,93	1036,8	8,39	9,24	14,89	15,19	56,39	57,25	425,16	422,4	110,91	109,56
	4,31		51,60		55,87		60,94		640,98		1009,67		10,09		15,49		58,11		419,64		108,21	
3,00	3,54	3,50	50,40	50,55	51,99	53,70	62,97	61,85	575,24	567,65	970,00	1020,0	9,22	9,63	15,19	15,14	55,59	57,55	413,69	416,8	104,82	105,90
	3,46		50,70		55,41		60,73		560,06		1070,00		10,04		15,09		59,51		419,91		106,98	
3,75	3,17	3,28	51,54	50,75	53,67	52,05	59,57	60,35	570,39	585,20	988,78	976,0	8,51	9,31	15,32	15,21	55,89	56,90	444,90	428,0	104,40	103,80
	3,39		49,96		50,43		61,13		600,01		963,22		10,11		15,10		57,91		411,10		103,20	
4,50	1,29	1,33	49,01	48,15	51,13	50,60	58,28	59,00	606,00	586,00	1010,11	980,0	8,15	9,07	15,29	15,08	57,10	57,65	408,80	400,0	101,34	103,38
	1,37		47,29		50,07		59,72		566,00		949,89		9,99		14,87		58,20		391,20		105,42	

Расчет дисперсии S_j^2 для показателей качества колбасного фарша

Давление подачи фарша, МПа	Органолептическая оценка, балл	ВПС фарша, %	ВУС фарша, %	ЖУС фарша, %	Эффективная вязкость, Па·с	Предельное напряжение сдвига, Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги, %	Количество МАФанМ	Выход готовой продукции к массе сырья, %
	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2
0,000	0,0009	0,0441	2,1025	3,8416	9,2416	241,1809	0,0400	0,0049	0,7396	4,0000	1,2996
0,750	0,0009	0,0961	4,4944	9,9225	4,5369	96,4324	0,2401	0,0324	1,0404	4,7089	1,2100
1,500	0,0121	0,1089	0,4489	1,2544	195,4404	1306,8225	1,0404	0,0400	0,3600	10,8900	2,1904
2,250	0,0004	0,0900	0,1849	3,6481	96,4324	736,0369	0,7225	0,0900	0,7396	7,6176	1,8225
3,000	0,0016	0,0225	2,9241	1,2544	57,6081	2500,0000	0,1681	0,0025	3,8416	9,6721	1,1664
3,750	0,0121	0,6241	2,6244	0,6084	219,3361	163,3284	0,6400	0,0121	1,0201	285,6100	0,3600
4,500	0,0016	0,7396	0,2809	0,5184	400,0000	906,6121	0,8464	0,0441	0,3025	77,4400	4,1616
$\sum_{j=1}^7 S_j^2$	0,0296	1,7253	13,0601	21,0478	982,5955	5950,4132	3,6975	0,2260	8,0438	399,9386	12,2105
S_{max}^2	0,0121	0,7396	4,4944	9,9225	400,0000	2500,0000	1,0404	0,0900	3,8416	285,6100	4,1616
S_{min}^2	0,0004	0,0225	0,1849	0,5184	4,5369	96,4324	0,0400	0,0025	0,3025	4,0000	0,3600
F_p	30,25	41,94	24,31	19,14	88,17	25,93	26,01	36,00	12,70	71,40	11,56

Экспериментальные данные влияния вакуумметрического давления на качественные показатели фарша

Р _{п.о.д} МПа	Органолеп- тическая оценка, балл		ВПС фарша, %		ВУС фарша, %		ЖУС фарша, %		Эффективная вязкость, Па·с		Предельное напряжение сдвига, Па		Объемная деформация, %		Массовая доля белка, %		Массовая доля влаги, %		Количество МАФАНМ		Выход гото- вой продук- ции к массе сырья, %	
	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z	у _з	\bar{y}_z
0,00	2,86	2,83	42,91	42,70	47,35	48,80	52,39	54,35	546,04	543,0	849,13	833,60	10,52	10,72	14,41	14,48	58,56	57,70	590,00	588,0	112,20	113,34
	2,80		42,49		50,25		56,31		539,96		818,07		10,92		14,55		56,84		586,00		114,48	
-0,16	3,54	3,57	43,55	43,35	47,82	49,55	54,08	54,55	548,94	551,6	862,19	852,80	12,07	11,23	14,39	14,61	58,43	57,85	558,32	567,4	115,32	114,44
	3,60		43,15		51,28		55,02		554,26		843,41		10,39		14,83		57,27		576,48		113,56	
-0,32	4,26	4,28	46,60	45,50	50,81	50,15	56,44	55,35	553,44	556,4	801,40	862,40	11,81	11,55	15,16	14,74	57,44	57,70	572,84	561,6	115,92	114,92
	4,30		44,40		49,49		54,26		559,36		923,40		11,29		14,32		57,96		550,36		113,92	
-0,48	4,32	4,38	48,20	47,90	53,35	54,55	57,56	58,60	570,02	555,2	893,93	904,00	12,39	11,62	14,54	14,88	58,68	57,70	566,42	548,8	114,47	116,00
	4,44		47,60		55,75		59,64		540,38		914,07		10,85		15,22		56,72		531,18		117,53	
-0,64	4,29	4,25	52,42	53,85	60,00	58,20	61,23	61,00	575,00	572,0	966,53	946,40	12,12	11,60	15,10	15,21	55,35	56,40	537,44	523,7	120,82	117,95
	4,21		55,28		56,40		60,77		569,00		926,27		11,08		15,32		57,45		509,96		115,08	
-0,80	2,71	2,81	53,54	54,25	56,17	58,60	59,32	60,80	538,09	539,6	962,70	943,20	11,32	11,85	15,15	15,19	57,89	56,55	542,27	527,2	116,72	117,98
	2,91		54,96		61,03		62,28		541,11		923,70		12,38		15,23		55,21		512,13		119,24	

Расчет дисперсии S_j^2 для показателей качества колбасного фарша

Давление подачи фарша, МПа	Органолептическая оценка, балл	ВПС фарша, %	ВУС фарша, %	ЖУС фарша, %	Эффективная вязкость, Па·с	Предельное напряжение сдвига, Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги, %	Количество МАФАНМ	Выход готовой продукции к массе сырья, %
	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2	S_j^2
0,00	0,0009	0,0441	2,1025	3,8416	9,2416	241,1809	0,0400	0,0049	0,7396	4,0000	1,2996
-0,16	0,0009	0,0400	2,9929	0,2209	7,0756	88,1721	0,7056	0,0484	0,3364	82,4464	0,7744
-0,32	0,0004	1,2100	0,4356	1,1881	8,7616	3721,0000	0,0676	0,1764	0,0676	126,3376	1,0000
-0,48	0,0036	0,0900	1,4400	1,0816	219,6324	101,4049	0,5929	0,1156	0,9604	310,4644	2,3409
-0,64	0,0016	2,0449	3,2400	0,0529	9,0000	405,2169	0,2704	0,0121	1,1025	188,7876	8,2369
-0,80	0,0100	0,5041	5,9049	2,1904	2,2801	380,2500	0,2809	0,0016	1,7956	227,1049	1,5876
$\sum_{j=1}^6 S_j^2$	0,0174	3,9331	16,1159	8,5755	255,9913	4937,2248	1,9574	0,3575	5,0021	939,1409	15,2394
S_{max}^2	0,0100	2,0449	5,9049	3,8416	219,6324	3721,0000	0,7056	0,1764	1,7956	310,4644	8,2369
S_{min}^2	0,0004	0,0400	0,4356	0,0529	2,2801	88,1721	0,0400	0,0016	0,0676	4,0000	0,7744
F_p	25,00	51,12	13,56	72,62	96,33	42,20	17,64	110,25	26,56	77,62	10,64

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Статистические характеристики

Фрагмент таблицы случайных чисел [127]

56	66	25	32	38	64	70	26	27	67	77	40	04	34	63	98	99	89	31	16	12	90	50	28	96
88	40	52	02	29	82	69	34	50	21	74	00	91	27	52	98	72	03	45	65	30	89	71	45	91
87	63	88	23	62	51	07	69	59	02	89	49	14	98	53	41	92	36	07	76	85	37	84	37	47
32	25	21	15	08	82	34	57	57	35	22	03	33	48	84	37	37	29	38	37	89	76	25	09	69
44	61	88	23	13	01	59	47	64	04	99	59	96	20	30	87	31	33	69	45	58	48	00	83	48
94	44	08	67	79	41	61	41	15	60	11	88	83	24	82	24	07	78	61	89	42	58	88	22	16
13	24	40	09	00	65	46	38	61	12	90	62	41	11	59	85	18	42	61	29	88	76	04	21	80
78	27	84	05	99	85	75	67	80	05	57	05	71	70	31	31	99	99	06	96	53	99	25	13	63
42	39	30	02	34	99	46	68	45	15	19	74	15	50	17	44	80	13	86	38	40	45	82	13	44
04	52	43	96	38	13	83	80	72	34	20	84	56	19	49	59	14	85	42	99	71	16	34	33	79
82	85	77	30	16	69	32	46	46	30	84	20	68	72	98	94	62	63	59	44	00	89	06	15	87
38	48	84	88	24	55	46	48	60	06	90	08	83	83	93	40	90	88	25	26	85	74	55	80	85
91	19	05	68	22	58	04	63	21	16	23	38	25	43	32	98	94	65	35	35	16	91	07	12	43
54	81	87	21	31	40	46	17	62	63	99	71	14	12	64	51	68	50	60	78	22	69	51	98	37
65	43	75	12	91	20	36	25	57	92	33	65	95	48	75	00	06	65	25	90	16	29	34	14	43
49	98	71	31	80	59	57	32	43	07	85	06	64	75	27	29	17	06	11	30	68	70	97	87	21
03	98	68	89	39	71	87	32	14	99	42	10	25	37	30	08	27	75	43	97	54	20	69	93	50
56	04	21	34	92	89	81	52	15	12	84	11	12	66	87	48	21	06	86	08	35	39	52	28	09
48	09	36	95	36	20	82	53	32	89	92	68	50	88	17	37	92	02	23	43	63	24	69	80	91
23	97	10	96	57	74	07	95	26	44	93	08	43	30	41	86	45	74	33	78	84	33	38	76	73
43	97	55	45	98	35	69	45	96	80	46	26	39	96	33	60	20	73	30	79	17	19	03	47	28
40	05	08	50	79	89	58	19	86	48	27	98	99	24	08	94	19	15	81	29	82	14	35	88	03
66	97	10	69	02	25	36	43	71	76	00	67	56	12	69	07	89	55	63	31	50	72	20	33	36
15	62	38	72	92	03	76	09	30	75	77	80	04	24	54	67	60	10	79	26	21	60	03	48	14
77	81	15	14	67	55	24	22	20	55	36	93	67	69	37	72	22	43	46	32	56	15	75	25	12
18	87	05	09	96	45	14	72	41	46	12	67	46	72	02	59	06	17	49	12	73	28	23	52	48
08	58	53	63	66	13	07	04	48	71	39	07	46	96	40	20	86	79	11	81	74	11	15	23	17
16	07	79	57	61	42	19	68	15	12	60	21	59	12	07	04	99	88	22	39	75	16	69	13	84

Значение F для уровня значимости $\alpha=0,05$ [31]

Число степеней свободы для знаменателя	Число степеней свободы для числителя																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	50	100	200	500	∞
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	246	248	249	250	251	252	253	254	254	254
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,10	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,58	8,55	8,54	8,53	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,70	5,66	5,65	5,64	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,71	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,44	4,41	4,39	4,37	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,75	3,71	3,69	3,68	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,32	3,27	3,25	3,24	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,02	2,97	2,95	2,94	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,80	2,76	2,73	2,72	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,64	2,59	2,56	2,55	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,51	2,46	2,43	2,42	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,40	2,35	2,32	2,31	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,05	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,31	2,26	2,23	2,22	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,24	2,19	2,16	2,14	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,18	2,12	2,10	2,08	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,12	2,07	2,04	2,02	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,08	2,02	1,99	1,97	1,96

Значение G- критерия при 5% уровня значимости [31]

<i>N</i>	<i>n-1</i>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287	0,5895	0,5598	0,5365	0,5175	0,5017
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184	0,3980	0,3817	0,3682
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595	0,3362	0,3185	0,3043	0,2926
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2666	0,2541	0,2439
12	0,5410	0,3924	0,3624	0,2880	0,2624	0,2439	0,2299	0,2187	0,2098
15	0,4709	0,3346	0,2758	0,2419	0,2195	0,2034	0,1911	0,1815	0,1736
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735	0,1602	0,1501	0,1422	0,1357

Таблица Д.4

Квантили распределения Стьюдента [7]

Число степеней свободы <i>f</i>	Уровни значимости <i>p</i>						
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,005	0,001
1	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66	127,32	636,32
2	1,89	2,92	4,30	6,97	9,93	14,09	31,60
3	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,45	12,94
4	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60	5,60	8,61
5	1,48	2,02	2,57	3,37	4,03	4,77	6,86
6	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,96
7	1,42	1,90	2,37	3,00	3,50	4,03	5,41
8	1,40	1,86	2,31	2,90	3,36	3,83	5,04

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Обработка результатов

Таблица Е.1

Характеристика роторного вакуумного шприца Duker REX RVF 760

Наименование показателя		Процент загрузки параметров оборудования										
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
$P_{н.н.}$	МПа	4,50	4,05	3,60	3,15	2,70	2,25	1,80	1,35	0,90	0,45	0,00
$P_{н.о.д.}$	МПа	-0,80	-0,72	-0,64	-0,56	-0,48	-0,40	-0,32	-0,24	-0,16	-0,08	0,00

Таблица Е.2

Воссоздание ПФЭ для процесса шприцевания колбасного фарша

Последовательность проведения эксперимента	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	y_{12}	
	Органолептическая оценка, баллы	ВПС фарша, %	ВУС фарша, %	ЖУС фарша, %	Эффективная вязкость, Па·с	Эффективное напряжение сдвига Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги (%);	Количество МАФАНМ, в 1 г продукта	Количество БГКП, в 1 г продукта	Выход готовой продукции к массе сырья%	
01	4	4,20	52,5	56,5	54,2	745	975	9,91	15,41	56,6	502	отсутствуют	115,09
	16	4,32	54,7	58,7	56,3	781	910	9,77	15,21	56,4	488	отсутствуют	118,24
02	12	4,82	44,4	54,4	59,5	698	1057	9,35	15,11	56,7	523	отсутствуют	112,76
	2	4,80	41,8	53,8	58,1	704	1001	10,04	15,51	56,5	545	отсутствуют	108,45

Продолжение таблицы Е.2

03	3	4,85	50,5	50,5	62,5	695	911	11,93	15,29	57,5	660	отсутст- вуют	103,18
	7	4,87	50,9	50,9	59,4	708	899	12,22	15,63	59,0	631	отсутст- вуют	99,07
04	14	3,23	62,1	62,1	66,4	860	1195	9,81	15,65	57,1	484	отсутст- вуют	124,21
	15	3,35	64,5	64,5	64,0	873	1203	9,65	15,72	59,5	493	отсутст- вуют	120,63
05	8	3,38	45,2	55,2	68,4	653	898	12,12	14,34	58,0	655	отсутст- вуют	95,93
	9	3,32	41,7	54,7	69,3	670	882	12,42	14,21	57,6	618	отсутст- вуют	100,08
06	13	4,91	44,4	54,4	61,6	823	907	9,32	14,79	58,9	604	отсутст- вуют	116,53
	1	4,93	43,8	53,8	59,1	831	921	10,04	14,85	59,4	587	отсутст- вуют	109,38
07	11	4,88	50,5	57,5	56,5	685	1011	11,93	14,78	58,9	586	отсутст- вуют	112,76
	5	4,90	50,9	56,9	59,0	701	999	12,06	15,20	58,7	547	отсутст- вуют	108,45
08	6	3,90	54,7	54,7	65,1	565	902	9,19	15,12	59,3	455	отсутст- вуют	118,01
	10	3,88	58,3	58,3	63,1	580	883	9,32	14,96	58,7	518	отсутст- вуют	111,27
направ- ление		(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	(↓)	(↑)	(↓)	(↓)	(↓)	(↑)

Методика определения функции отклика параметров оптимизации в процессе шприцевания вареных колбас

Определение органолептических показателей вареных колбас

Для каждого ряда матрицы планирования по результатам 2 параллельных опытов по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение органолептической оценки колбасных изделий. Дисперсию в каждом опыте для 2 параллельных опытов определяем по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл. Е.3.

Таблица Е.3

Расчет дисперсии S_j^2 для y - органолептической оценки

Номер опыта	x_1 (а)	x_2 (в)	x_3 (с)	Литер- ное обо- значе- ние	y_1	y_2	\bar{y}_j	Δy_j	Δy_j^2	S_j^2
1	-1	-1	-1	<i>l</i>	4,20	4,32	4,26	-0,060	0,0036	0,0072
2	1	-1	-1	<i>a</i>	4,82	4,80	4,81	0,010	0,0001	0,0002
3	-1	1	-1	<i>в</i>	4,85	4,87	4,86	-0,010	0,0001	0,0002
4	1	1	-1	<i>ав</i>	3,23	3,35	3,29	-0,060	0,0036	0,0072
5	-1	-1	1	<i>с</i>	3,38	3,32	3,35	0,030	0,0009	0,0018
6	1	-1	1	<i>ас</i>	4,91	4,93	4,92	-0,010	0,0001	0,0002
7	-1	1	1	<i>вс</i>	4,88	4,90	4,89	-0,010	0,0001	0,0002
8	1	1	1	<i>авс</i>	3,90	3,88	3,89	0,010	0,0001	0,0002
$\sum_{j=1}^8 S_j^2$										0,0172

По формуле (Б.6) определена ошибка опытов $S_j=0,13$.

После вычисления дисперсий проверена гипотеза их однородности. Проверка однородности двух дисперсий проведена с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7) $F_p=36$.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161 (табл. Д.2). Таким образом, $F_p=36 < F_{\text{табл.}}=161$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Проверяется однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p для y_1 по формуле (Б.8) $G_p=0,42$.

Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,42 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

Поскольку дисперсии рядов S_j^2 однородны, то определена дисперсия параметра оптимизации (дисперсию воспроизводимости эксперимента), которую вычисляем по формуле (Б.9) $S_y^2=0,002$.

Определена по формуле (Б.13) дисперсия коэффициентов $S_{b_i}^2=0,0001$, тогда по формуле (Б.14) $S_{b_i}=0,01$.

Рассчитана величина доверительного интервала для коэффициентов по формуле (Б.15) $\Delta_{b_i}=0,014$.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_1 - органолептической оценки, с учетом данных табл. 4.2, $b_0=4,28$; $b_1=-0,06$; $b_2=-0,05$;

$b_3=-0,02$. Каждый коэффициент проверен на значимость сравнением с $\Delta_{b_i}=0,014$.

Получено уравнение регрессии:

$$y_1 = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3. \quad (\text{E.1})$$

Для проверки адекватности полученного уравнения, для каждого ряда матрицы расчетные значения приведены в табл. Е.4.

По формуле (Б.17) рассчитана дисперсия адекватности, которая характеризует экспериментальных и расчетных данных $S_{ad}^2=0,84$ (табл. Е.4).

Осуществляем проверку адекватности уравнения с помощью F - критерия

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.1).

Для каждой строки матрицы найдем расчетные значения. Для этого, в полученное уравнение (4.1) подставляем кодируемые значения для каждого х. Отсюда имеем:

$$\begin{aligned} \tilde{\delta}_1 &= 4,28 - 0,06(-1) - 0,05(-1) - 0,02(-1) - 0,59(+1) + 0,20(+1) + 0,18(+1) - \\ &- 0,06(-1) = 4,26 \quad ; \\ \tilde{\delta}_2 &= 4,28 - 0,06(+1) - 0,05(-1) - 0,02(-1) - 0,59(-1) + 0,20(-1) + 0,18(+1) - \\ &- 0,06(+1) = 4,81 \quad ; \\ \tilde{\delta}_3 &= 4,28 - 0,06(-1) - 0,05(+1) - 0,02(-1) - 0,59(-1) + 0,20(+1) + 0,18(-1) - \\ &- 0,06(+1) = 4,86 \quad ; \\ \tilde{\delta}_4 &= 4,28 - 0,06(+1) - 0,05(+1) - 0,02(-1) - 0,59(+1) + 0,20(-1) + 0,18(-1) - \\ &- 0,06(-1) = 3,29 \\ \tilde{\delta}_5 &= 4,28 - 0,06(-1) - 0,05(-1) - 0,02(+1) - 0,59(+1) + 0,20(-1) + 0,18(-1) - \\ &- 0,06(+1) = 3,35 \quad ; \\ \tilde{\delta}_6 &= 4,28 - 0,06(+1) - 0,05(-1) - 0,02(+1) - 0,59(-1) + 0,20(+1) + 0,18(-1) - \\ &- 0,06(-1) = 4,925 \quad ; \\ \tilde{\delta}_7 &= 4,28 - 0,06(-1) - 0,05(+1) - 0,02(+1) - 0,59(-1) + 0,20(-1) + 0,18(+1) - \\ &- 0,06(-1) = 4,89 \quad ; \\ \tilde{\delta}_8 &= 4,28 - 0,06(+1) - 0,05(+1) - 0,02(+1) - 0,59(+1) + 0,20(+1) + 0,18(+1) - \\ &- 0,06(+1) = 3,89 \quad . \end{aligned}$$

Таким образом, уравнение (4.1) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы (табл. Е.6) по формуле (4.1), во всех рядах матрицы равняются нулю.

Влагопоглощающая способность фарша (y_2). Для каждого ряда матрицы планирования по результатам 2 параллельных опытов по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение органолептической оценки колбасных изделий. Дисперсию в каждом опыте для 2 параллельных опытов определяем по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл. Е.7.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7). Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня

значимости $\alpha=0,05$, равное 161 (табл. Д.2). Таким образом, $F_p=81,00 < F_{\text{табл}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Таблица Е.7

Расчетные данные для вычисления дисперсии адекватности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	y_1	y_2	\bar{y}_2	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	52,50	54,70	53,60	-1,10	1,2100	2,420
2	1	-1	-1	-1	44,40	41,80	43,10	1,30	1,6900	3,380
3	-1	1	-1	-1	50,50	50,90	50,70	-0,20	0,0400	0,080
4	1	1	-1	1	62,10	64,50	63,30	-1,20	1,4400	2,880
5	-1	-1	1	1	45,20	41,70	43,45	1,75	3,0625	6,125
6	1	-1	1	-1	44,40	43,80	44,10	0,30	0,0900	0,180
7	-1	1	1	-1	50,50	50,90	50,70	-0,20	0,0400	0,080
8	1	1	1	1	54,70	58,30	56,50	-1,80	3,2400	6,480
Σ										21,625

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,30 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии, которые принимают значение $b_0=50,68$; $b_1=1,07$; $b_2=4,62$; $b_3=-1,99$; $b_{12}=3,53$ и внесем их в табл. Е.8. Каждый коэффициент регрессии значимы (доверительный интервал $\Delta_{b_i}=0,57$).

Таблица Е.8.

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}
81,00	0,30	0,57	50,68	1,07	4,62	-1,99	3,53

Как свидетельствуют полученные данные, на ВПС колбасного фарша статистически значительно влияют все варьируемые факторы, а также взаимодействие x_1x_2 .

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.6).

Таким образом, уравнение (4.6) адекватное, так как отклонение Δ_y между

фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.6), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.6) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.7).

Влагоудерживающая способность фарша (y_3). По результатам 2 параллельных опытов по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение для ВУС фарша и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл. Е.9.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные вносим в табл. 4.8.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161 (табл. Д.2). Таким образом, $F_p=81,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Таблица Е.9

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_1x_2	y_1	y_2	\bar{y}_3	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	1	56,50	58,70	57,60	-1,10	1,2100	2,420
2	1	-1	-1	54,40	53,80	54,10	0,30	0,0900	0,180
3	-1	1	-1	50,50	50,90	50,70	-0,20	0,0400	0,080
4	1	1	1	62,10	64,50	63,30	-1,20	1,4400	2,880
5	-1	-1	1	55,20	54,70	54,95	0,25	0,0625	0,125
6	1	-1	-1	54,40	53,80	54,10	0,30	0,0900	0,180
7	-1	1	-1	57,50	56,90	57,20	0,30	0,0900	0,180
8	1	1	1	54,70	58,30	56,50	-1,80	3,2400	6,480
$\sum S_j^2$									12,525

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть

$0,52 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии, которые внесены в табл. Е.10.

Таблица Е.10

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_{12}
81,00	0,52	0,44	56,06	0,94	0,87	2,03

Рассчитана величина доверительного интервала по формуле (Б.15) $\Delta_{b_i} = 0,44$. Проверен каждый коэффициент регрессии на значимость с доверительным интервалом: $b_0 = 56,06 > \pm 0,44$ - значимый; $b_1 = 0,94 > \pm 0,44$ - значимый; $b_2 = 0,87 > \pm 0,44$ - значимый; $b_3 = -0,37 < \pm 0,44$ - незначимый; $b_{12} = 2,03 > \pm 0,44$ - значимый.

Как свидетельствуют полученные данные, на ВУС колбасного фарша статистически значительно влияют все варьируемые факторы кроме x_3 , а также взаимодействие двух факторов $x_1 x_2$.

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.8).

Таким образом, уравнение (4.8) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.8), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.8) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.9).

Жирудерживающая способность фарша (y_4). Для ЖУС фарша по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение для ЖУС фарша и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл. Е.11

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные вносим в табл. Е.11.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней

свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161 (табл. Д.2). Таким образом, $F_p=11,90 < F_{\text{табл}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Таблица Е.11

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_4	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	54,20	56,30	55,25	-1,05	1,1025	2,205
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	59,50	58,10	58,80	0,70	0,4900	0,980
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	62,50	59,40	60,95	1,55	2,4025	4,805
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	66,40	64,00	65,20	1,20	1,4400	2,880
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	68,40	69,30	68,85	-0,45	0,2025	0,405
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	61,60	59,10	60,35	1,25	1,5625	3,125
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	56,50	59,00	57,75	-1,25	1,5625	3,125
8	1	1	1	1	1	1	1	65,10	63,10	64,10	1,00	1,0000	2,000
$\sum S_j^2$													19,525

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,30 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_4 - ЖУС фарша, с учетом данных табл. Е.12, $b_0=61,41$; $b_1=0,71$; $b_2=0,60$; $b_3=1,36$; $b_{12}=1,95$; $b_{13}=-1,24$; $b_{23}=-2,43$; $b_{123}=1,77$. Каждый коэффициент регрессии проверен на значимость сравнением с $\Delta_{bi}=0,55$

Таблица Е.12

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δbi	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
11,90	0,30	0,55	61,41	0,71	0,60	1,36	1,95	-1,24	-2,43	1,77

Как свидетельствуют полученные данные, на ЖУС колбасного фарша статистически значительно влияют все варьируемые факторы, а также взаимодействие факторов x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 , $x_1x_2x_3$.

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.10).

Таким образом, уравнение (4.10) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.10), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.10) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.11).

Эффективная вязкость фарша (y_5). Для эффективной вязкости фарша по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 вносим в табл. Е.13.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), которые внесены в табл. Ж.13.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161 (табл. Д.2). Таким образом, $F_p=36,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Таблица Е.13

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_5	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	745,0	781,0	763,0	-18,0	324,00	648,0
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	698,0	704,0	701,0	-3,0	9,00	18,0
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	708,0	695,0	701,5	6,5	42,25	84,5
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	873,0	860,0	866,5	6,5	42,25	84,5
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	670,0	653,0	661,5	8,5	72,25	144,5
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	823,0	831,0	827,0	-4,0	16,00	32,0
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	685,0	701,0	693,0	-8,0	64,00	128,0
8	1	1	1	1	1	1	1	565,0	580,0	572,5	-7,5	56,25	112,5
$\sum S_j^2$													1252,0

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть

$0,52 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_5 - эффективная способность фарша, с учетом данных табл. Е.14, $b_0=723,25$; $b_1=18,50$; $b_2=-14,88$; $b_3=-34,75$; $b_{12}=-7,38$; $b_{13}=-7,25$; $b_{23}=-40,88$; $b_{123}=-64,13$. Каждый коэффициент регрессии проверен на значимость с доверительным интервалом $\Delta_{b_i}=18,50$

Таблица Е.14

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
36,00	0,52	4,38	723,25	18,50	-14,88	-34,75	-7,38	-7,25	-40,88	-64,13

Как свидетельствуют полученные данные, на эффективную вязкость колбасного фарша статистически значительно влияют все варьируемые факторы, а также взаимодействие факторов x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 , $x_1x_2x_3$

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.12).

Таким образом, уравнение (4.12) адекватное, так как отклонения Δy между фактическими данными и по формуле (4.12), во всех рядах матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.12) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.13).

Эффективное напряжение сдвига фарша (y_6). Для эффективного напряжения сдвига фарша по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 вносим в табл. Е.15.

Таблица Е.15

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_6	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	975	910	942,5	32,5	1056,25	2112,5
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1 057	1 001	1029,0	28,0	784,00	1568,0
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	911	899	905,0	6,0	36,00	72,0
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1 195	1 203	1199,0	-4,0	16,00	32,0

Продолжение таблицы Е.15

5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	898	882	890,0	8,0	64,00	128,0
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	907	921	914,0	-7,0	49,00	98,0
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1 011	999	1005,0	6,0	36,00	72,0
8	1	1	1	1	1	1	1	902	883	892,5	9,5	90,25	180,5
$\sum S_j^2$													4263,0

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные вносим в табл. Е.15.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степени свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161 (табл. Д.2). Таким образом, $F_p=66,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степени свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,50 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_6 - эффективное напряжение сдвига фарша, с учетом данных табл. Е.16, $b_0=972,13$; $b_1=36,50$; $b_2=28,25$; $b_3=-46,75$; $b_{12}=8,88$; $b_{13}=-58,63$; $b_{23}=-4,88$; $b_{123}=-43,00$. Каждый коэффициент регрессии проверен на значимость сравнением с $\Delta_{b_i}=4,08$.

Таблица Е.16

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
66,00	0,50	4,08	972,13	36,50	28,25	-46,75	8,88	-58,63	-4,88	-43,00

Как свидетельствуют полученные данные, на эффективное напряжение сдвига колбасного фарша статистически значительно влияют все варьируемые факторы, а также взаимодействие факторов x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 , $x_1x_2x_3$.

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.14).

Таким образом, уравнение (4.14) адекватное, так как отклонение Δy между фактическими данными и данными, которые были нами, смоделированы по формуле (4.14), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.14) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.15).

Объемная деформация фарша (y_7). Для объемной деформации фарша по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 вносим в табл. Е. 17.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера (Б.7)

Таблица Е.17

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_7	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	9,91	9,77	9,840	0,0700	0,00490	0,00980
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	9,35	10,04	9,695	-0,3450	0,11903	0,23805
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	11,93	12,22	12,075	-0,1450	0,02102	0,04205
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	9,81	9,65	9,730	0,0800	0,00640	0,01280
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	12,12	12,42	12,270	-0,1500	0,02250	0,04500
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	9,32	10,04	9,678	-0,3625	0,13141	0,26281
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	11,93	12,06	11,995	-0,0650	0,00423	0,00845
8	1	1	1	1	1	1	1	9,19	9,32	9,255	-0,0650	0,00422	0,00845
Σ													0,62741

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161. Таким образом, $F_p=31,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8), при табличных $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68 (табл. Д.3). Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,42 < 0,68$, следовательно,

дисперсии рядов однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии (табл. Е.18), $b_0=10,57$; $b_1=-0,98$; $b_2=0,20$; $b_3=0,23$; $b_{12}=-0,29$; $b_{13}=-0,36$; $b_{23}=-0,37$; $b_{123}=0,26$. Каждый коэффициент регрессии проверен на значимость сравнением из $\Delta b_i=0,10$.

Таблица Е.18

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
31,00	0,42	0,10	10,57	-0,98	0,20	0,23	-0,29	-0,35	-0,37	0,26

Как свидетельствуют полученные данные, на объемную деформацию статистически значительно влияют все варьируемые факторы, а также взаимодействие факторов x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 , $x_1x_2x_3$.

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.16).

Таким образом, уравнение (4.16) адекватное, так как отклонение Δy между фактическими данными и данными по формуле (4.16), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.16) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.17).

Массовая доля белка в колбасном изделии (y_8). Для МД белка по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 вносим в табл. Е.19.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера за (Б.7), полученные данные вносим в табл. Е.19.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}$ для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$, равно 161. Таким образом, $F_p=49,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_8	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	15,41	15,21	15,310	0,100	0,01000	0,02000
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	15,11	15,51	15,310	-0,200	0,04000	0,08000
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	15,29	15,63	15,460	-0,170	0,02890	0,05780
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	15,65	15,72	15,685	-0,035	0,00123	0,00245
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	14,34	14,21	14,275	0,065	0,00422	0,00845
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	14,79	14,85	14,820	-0,030	0,00090	0,00180
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	14,78	15,20	14,990	-0,210	0,04410	0,08820
8	1	1	1	1	1	1	1	15,12	14,96	15,040	0,080	0,00640	0,01280
$\sum S_j^2$													0,27150

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68. Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,32 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_8 - МД белка в колбасном изделии, с учетом данных табл. Е.20, $b_0=15,11$; $b_1=0,10$; $b_2=0,18$; $b_3=-0,33$. Каждый коэффициент регрессии был сравнен с $\Delta b_i=0,06$.

Таблица Е.20

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3
49,00	0,32	0,06	15,11	0,10	0,18	-0,33

Как свидетельствуют полученные данные, на МД белка статистически значительно влияют все варьируемые факторы.

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение имеет вид (4.18).

Таким образом, уравнение (4.18) адекватное, так как отклонение Δy между фактическими данными и данными по формуле (4.18), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.18) в кодируемых

значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение получает вид (4.19).

Массовая доля влаги в колбасном изделии (y_9). Для каждого ряда матрицы планирования по результатам 2 параллельных опытов по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение МД белка в колбасном изделии. Дисперсию в каждом опыте для 2 параллельных опытов определяем по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл. Е.21.

Таблица Е.21

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_9	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	56,60	56,40	56,50	0,10	0,0100	0,020
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	56,70	56,50	56,60	0,10	0,0100	0,020
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	57,50	59,00	58,25	-0,75	0,5625	1,125
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	57,10	59,50	58,30	-1,20	1,4400	2,880
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	58,00	57,60	57,80	0,20	0,0400	0,080
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	58,90	59,40	59,15	-0,25	0,0625	0,125
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	58,90	58,70	58,80	0,10	0,0100	0,020
8	1	1	1	1	1	1	1	59,30	58,70	59,00	0,30	0,0900	0,180
$\sum S_j^2$													4,450

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные внесены в табл. Е.21.

Поскольку табличное значение $F_{\text{табл.}}=161$ при $f_1=f_2=1$, $\alpha=0,05$, таким образом, $F_p=144,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Проверена однородность дисперсий по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68. Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,65 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_9 - МД влаги в колбасном изделии $b_0=58,05$; $b_1=0,21$; $b_2=0,54$; $b_3=0,64$; $b_{23}=-0,33$

(табл. Е.22). Каждый коэффициент регрессии проверен на значимость сравнением с $\Delta_{bi}=0,26$.

Таблица Е.22

Расчетные данные для вычисления коэффициентов регрессии

F_p	G_p	Δbi	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{23}
144,00	0,65	0,26	58,05	0,21	0,54	0,64	-0,33

Как свидетельствуют полученные данные, на МД влаги статистически значительно влияют все варьируемые факторы, кроме x_1 , и парное взаимодействие x_2x_3 .

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение приобретает вид (4.20).

Таким образом, уравнение (4.20) адекватное, так как отклонение Δy между фактическими данными и данными по формуле (4.20), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.20) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение имеет вид (4.21).

Количество МАФАНМ, в 1 г продукта. (y_{10}). Для каждого ряда матрицы планирования по результатам 2 параллельных опытов по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение МАФАНМ в колбасном изделии. Дисперсию в каждом опыте для 2 параллельных опытов определяем по формуле (Б.5). Полученные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл.Е.23.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные внесены в табл. Е.23.

Таблица Е.23

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_{10}	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	502	488	495,0	7,0	49,00	98,0
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	523	545	534,0	-11,0	121,00	242,0

Продолжение таблицы Е. 23

3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	660	631	645,5	14,5	210,25	420,5
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	484	493	488,5	-4,5	20,25	40,5
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	655	618	636,5	18,5	342,25	684,5
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	604	587	595,5	8,5	72,25	144,5
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	586	547	566,5	19,5	380,25	760,5
8	1	1	1	1	1	1	1	455	518	486,5	-31,5	992,25	1984,5
$\sum S_j^2$													4375,0

Для соответствующих $f_1=f_2=1$, $\alpha=0,05$, $F_{\text{табл.}}=161$, таким образом, $F_p=144,00 < F_{\text{табл.}}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Однородность дисперсий проверена по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68. Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,65 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

По формулам (Б.10 - Б.12) рассчитаны коэффициенты регрессии для y_{10} - количества МАФАНМ, в 1 г продукта, с учетом данных табл. Е.24, $b_0=556,00$; $b_1=-29,88$; $b_2=-9,25$; $b_3=15,25$; $b_{12}=-29,38$; $b_{23}=-35,50$. Проверен каждый коэффициент регрессии на значимость с доверительным интервалом $\Delta_{bi}=8,19$.

Таблица Е.24

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δbi	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}
49,00	0,45	8,19	556,00	-29,88	-9,25	15,25	-29,38	-35,50

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение приобретает вид (4.22).

Таким образом, уравнение (4.22) адекватное, так как отклонение Δ_y между фактическими данными и данными по формуле (4.22), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.22) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение имеет вид (4.23).

Выход готовой продукции к массе сырья (y_{12}). Для выхода готовой продукции к массе сырья по формуле (Б.4) найдено - среднее арифметическое значение и дисперсия для каждого опыта по формуле (Б.5). Приобретенные значения дисперсии S_j^2 внесены в табл. Е. 25.

После вычисления дисперсий проверяем гипотезу их однородности с помощью F- критерия Фишера по формуле (Б.7), полученные данные вносим в табл. Ж.25.

Для соответствующих чисел степеней свободы $f_1=f_2=1$ и принятого уровня значимости $\alpha=0,05$ $F_{табл.}=161$, таким образом, $F_p=5,15 < F_{табл.}=161,00$ и гипотеза об однородности дисперсий не отбрасывается.

Таблица Е.25

Расчетные данные для вычисления дисперсии однородности

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	\bar{y}_j	Δy	$(\Delta y)^2$	S_j^2
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	115,09	118,24	116,665	-1,575	2,480	4,96125
2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	112,76	108,45	110,605	2,155	4,644	9,28805
3	-1	1	-1	-1	1	-1	1	103,18	99,07	101,125	2,055	4,223	8,44605
4	1	1	-1	1	-1	-1	-1	124,21	120,63	122,420	1,790	3,204	6,40820
5	-1	-1	1	1	-1	-1	1	95,93	100,08	98,005	-2,075	4,305	8,61125
6	1	-1	1	-1	1	-1	-1	116,53	109,38	112,955	3,575	12,780	25,56125
7	-1	1	1	-1	-1	1	-1	112,76	108,45	110,605	2,155	4,644	9,28805
8	1	1	1	1	1	1	1	118,01	111,27	114,640	3,370	11,356	22,71380
$\sum S_j^2$													95,27790

Однородность дисперсий проверена по критерию Кохрена G_p по формуле (Б.8). Табличное значение этого критерия при $\alpha=0,05$ и степенях свободы $f_1=1$ и $f_2=8$ будет равно 0,68. Поскольку расчетное значение G_p - критерия не превышает табличного значения G_T - критерия (условие $G_p < G_T$), то есть $0,27 < 0,68$, следовательно, дисперсии рядов однородны.

Рассчитана величина доверительного интервала по формуле (Б.15) $\Delta_{bi}=1,21$. Проверен каждый коэффициент регрессии на значимость с доверительным интервалом и полученные данные внесем в табл. Е.26: $b_0=110,88 > \pm 1,21$ - значимый; $b_1=4,28 < \pm 1,21$ - незначимый; $b_2=1,32 > \pm 1,21$ - значимый; $b_3=-1,83 > \pm 1,21$ - значимый; $b_{12}=2,06 > \pm 1,21$ - значимый; $b_{23}=2,25 > \pm 1,21$ - зна-

чимый; $b_{123} = -4,78 > \pm 1,21$ - значимый.

Таблица Е.26

Расчетные данные для вычисления и коэффициенты регрессии

F_p	G_p	Δbi	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{23}	b_{123}
5,15	0,27	1,21	110,88	4,28	1,32	-1,83	2,06	2,25	-4,78

После введения взаимодействия основных факторов и определения коэффициентов регрессии уравнение приобретает вид (4.24).

Таким образом, уравнение (4.24) адекватное, так как отклонение Δy между фактическими данными и данными по формуле (4.24), во всех строках матрицы равняются нулю.

Для дальнейших расчетов полученное уравнение (4.24) в кодируемых значениях по формуле перехода (Б.19) пересчитываем в натуральные значения, уравнение имеет вид (4.25).

Как свидетельствуют полученные данные, на выход готовой продукции к массе сырья статистически значимо влияют все варьируемые факторы, а также их взаимодействие.

ПРИЛОЖЕНИЯ

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по научной работе ДонНУЭТ

Садеков А.А.

«_____» _____ 2010 г.

М.П.



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ООО «Дилемма»

Передерей О.В.

«05» _____ 2010 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик:

ООО «Дилемма»

наименование организации

Передерей О.В.

Ф.И.О. руководителя организации

настоящим актом подтверждается, что результаты работы:

№ 602 /2010 Оптимизация показателей качества свино-говяжьего

и куриного фаршей

наименование темы, № гос. регистрации

выполненной:

Донецким национальным университетом экономики и

торговли имени Михаила Туган-Барановского

стоимость:

3600 грн. (три тысяч шестьсот грн.)

выполняемой:

цифрами и прописью **15.06.10-20.12.10 г.**

внедрены:

сроки выполнения **ООО «Дилемма»**

наименование предприятия, где осуществлялось внедрение

1. Вид внедренных результатов:

Нормативное значения показателей качества процесса

шприцевания колбасного фарша в оболочки

наименование научно-технической продукции

2. Характеристика масштаба внедрения:

единичное

3. Форма внедрения

уникальное, единичное, партии, массовое, серийное

Методика (метод)

Выбора рациональных показателей качества

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ:

модификации

пионерские, принципиально новое, качественно новые, модификации, модернизации старых разработок

5. Опытно-промышленная проверка

акт испытания № 01 от 10.12. 2010 г.

указать номер и дату актов испытания

6. Внедрены:

- в промышленное производство

мясоперерабатывающий цех

- в проектные работы

участок, цех, процесс

7. Годовой экономический эффект

- ожидаемый

пятнадцать тысяч гривен

- фактический

от внедрения в проект

в том числе долевое участие

тыс.грн.

%, цифрами и прописью

8. Удельная экономическая эффективность внедренных результатов

тыс.грн.

9. Объем внедрения

что составляет

% от объема внедрения, положенного в основу

расчета гарантированного экономического эффекта, рассчитанного по окончании НИР

(Эгар.= тыс грн.)

10. Социальный и научно-технический эффект состоит в:

Улучшение качества колбасного фарша
Оптимизация параметров процесса шприцевания колбасного фарша в оболочки

От ДонНУЭТ:

Нач. НИСа

Романько Т.Н.

Исполнители:

Топольник В.Г.

Милохова Т.А.

От предприятия:

Директор

Передерей О.В.

Ответственный

за внедрение:



СОГЛАСОВАНО

Проректор ДонНУЭТ В. Азарян Азарян Е.М.
« » 2013 г.
М.П.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЧП «Возрождение» В.И. Лаврентьев Лаврентьев В.И.
« » 2013 г.
М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

ЧП «МИСТРАЛЬ»

наименование организации
Севрюкова Л.В.

Ф.И.О. руководителя организации

настоящим актом подтверждается, что результаты работы 579 / 2010 «**Обоснование системы и практическое определение показателей качества технологической обработки при изготовлении мясных фаршей**»

наименование темы, № гос. Регистрации

выполненной Донецким национальным университетом экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского

стоимость 4 200 грн. (четыре тысячи двести грн.)

выполняемой

цифрами и прописью
с 01.04.2010 г. по 30.06.2010 г.

внедрены

сроки выполнения
ЧП «Возрождение»

1. Вид внедренных результатов

наименование предприятия, где осуществлялось внедрение
Методика комплексной количественной оценки качества начальных, промежуточных и конечных продуктов процесса шприцевания вареных колбас

эксплуатация изделий, работы, технологии

производство изделий работы, технологии, функционирование (систем)

2. Характеристика масштаба внедрения

массовое

уникальное, единичное, партии, массовое, серийное

3. Форма внедрения

Оценки единичных показателей качества и вычисление комплексного показателя качества, для определения оптимальных условий в процессе шприцевания вареных колбас

Методика (метод)

оптимальных условий в процессе шприцевания вареных колбас

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ

Качественно новые

4.1. Показатели результативности и преимущества над аналогами **Оценка качества фаршей в процессе шприцевания вареных колбас**

модернизации старых разработок

5. Опытно-промышленная проверка

№1 от 14.10.2013, ЧП «Возрождение»

указать номер и дату актов испытания,

6. Внедрены:

- в промышленное производство

наименование предприятия, период
цех по производству мясных полуфабрикатов ЧП «Возрождение»

- в проектные работы

участок, цех, процесс

7. Годовой экономический эффект

-ожидаемый

187 (сто восемьдесят семь)

тыс. грн.

от внедрения в проект

тыс. грн.

-фактический

в том числе долевое участие

%, цифрами и прописью

тыс. грн.

8. Удельная экономическая эффективность внедренных результатов

тыс. грн.

9. Объем внедрения

что составляет

% от объема внедрения, положенного в основу

расчета гарантированного экономического эффекта, рассчитанного по окончании НИР

(Эгар.= тыс грн.)

10. Социальный и научно-технический эффект

Повышение научно-методического уровня

контроля, улучшение технологического процесса, улучшение качества готовой продукции.

охрана окружающей среды, недр, улучшение и оздоровление условий труда, совершенствование структуры управления и т.д.

От ДонНУЭТ

Нач. НИСА

Руководитель НИР

Исполнитель

Т.Н. Романько

В.Г. Топольник

Т.А. Милохова

От ЧП «Возрождение»

Гл. бухгалтер

Ответственный

за внедрение

К.Р. Лясковец

В.С. Нагалецкий