Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики
Государственная организация высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского»

На правах рукописи

МИЛОХОВА ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ШПРИЦЕВАНИЯ ФАРША ВАРЕНЫХ КОЛБАС НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Специальность 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Донецк – 2020

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор **Топольник Вера Григорьевна**, ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», профессор кафедры сервиса и гостиничного дела.

Официальные оппоненты: Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры Пищевой инженерии ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Коваленко Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»

Ведущая организация: Кафедра технологии молока и молокопродуктов ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

Защита состоится «04» июня 2020 г. в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 01.025.02 при ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» по адресу: 283055, г. Донецк, пр. Театральный, 28, корпус 7, ауд. 7304, тел: +38(062)304-50-50, e-mail: dissovet0102502@donnuet.education.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского» по адресу: 283017, г.Донецк, б.Шевченко, 30 (http://library.donnuet.education). Автореферат разослан _____

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 01.025.02 к.т.н., доцент Н.Н. Севаторов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сегодня, в условиях рыночной экономики, важное значение имеет конкурентоспособность производимой продукции, в которой существенная роль принадлежит ее качеству. 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 одновременно, 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: Бармаш А.И., Бредихин С.А., Горбатов А.В., Динков К., Йорданов Д.Г., Косой В.Д., Туменив С.Н.

Процессы измельчения и куттерования мяса достаточно изучены современными авторами, Г. В. Бакунцом, И.А. Роговым, 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, позволяющими 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 организации 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 на мясоперерабатывающие предприятия.

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

Предметом исследования является характеристики показателей качества колбасного фарша и колбасы вареной согласно требованиям ГСТУ 46.020-2002 и ДСТУ 4436:2005.

Методы исследования. При выполнении работы использованы следующие методы исследования: теоретические - анализ литературных источников, анализ и синтез, расчетный, математико-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, математико-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 (продуктивность, 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 колбасных цехах мясоперерабатывающих предприятий и использованы в учебном процессе.

Личный вклад соискателя заключается в анализе литературных источников по научной проблеме, обосновании и формулирования темы диссертации, составлении общей схемы экспериментальных исследований, планировании активного эксперимента по отысканию оптимальных условий процесса шприцевания, проведении экспериментов, математико-статистической обработке и анализе результатов эксперимента, обосновании системы показателей качества, разработке методических вопросов их количественной оценки, расчете комплексного показателя качества фарща 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 Международная научная конференция «Техника и технология пищевых производств», (Могилев, 2010 г.), VI Международной научно-практической конференции «ACTUÁLNÍ VYMOŹENOSTI VÉDY - 2010» (Прага, 2010 г).; XI Международной научно-практической конференция «Современные концепции научных исследований» (Москва, 2016 г.), Евразийский Союз Ученых; Международной научно-практической конференции технологий и управления (Мелеуз, республика Башкортостан, 2016 г.); Международная научно-практическая конференция «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 175 страницах компьютерного набора, в том числе 85 рисунков и 71 таблица, из них полную страницу занимают 14 рисунков и таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, на основании чего сформулирована цель и определены задачи исследования. Представлена связь с научными программами, планами и темами, определены объект, предмет и методы исследований, дано обоснование достоверности научных положений, приведены научное и практическое значение работы, представлена апробация, структура и количество публикаций по теме диссертации.

В первом разделе **«Исследование процессов формования вареных колбас»** приведена характеристика колбасных изделий, как объекта исследований. Рассмотрены процессы формования колбасных изделий. Рассмотрены факторы, влияющие на качество процесса шприцевания вареных колбас и качество готовой продукции. Выполнен аналитический обзор конструкций машин, предназначенных для шприцевания колбасного фарша. Рассмотрены и проанализированы преимущества и недостатки конструкций шприцов.

На основании анализа полученных данных был сделан вывод, что дальнейшее исследования должны быть направлены на определение оптимальных условий проведения процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку с целью повышения качества отечественной продукции по широкому комплексу показателей и их стабилизации.

Во втором разделе **«Объекты и методы исследования».** Приведена структурная схема исследования (рис. 1), определён комплекс изучаемых показателей и методики их определения.

Объектом исследования является процесс шприцевания колбасного фарша по рецептуре сосисок «Премьера» и «Йогуртовые» с использованием шприца с эксцентрико-лопастным вытеснителем марки REX RVF 760.

Исследования органолептических показателей проводили в соответствии с ДСТУ 4436: 2005 и ГОСТ 9959-91 дегустационной комиссией, которая состояла из специалистов колбасного цеха предприятия ООО «Амстор». Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 4288-76, массовую долю жира - по ГОСТ 23042-86, массовую долю белка - по ГОСТ 25011-81 - метод Кьельдаля. Влагопоглощающую способность фарша определяли по методике М.Б. Коган, влагоудерживающую и жироудерживающую способность определяли по методике Р.М. Салаватулиной.

Микроструктуру колбасного фарша изучали методом гистологического анализа. Структурно-механические свойства фарша определяли с помощью ротационного вискозиметра «Rheotest RN 4.1».

Оптимизация процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку проведена методом Бокса-Уилсона, типа 2^3. Факторами, которые влияют на параметры оптимизации y_i, служат условия технологического процесса шприцевания: x_1 - давление подачи продукта (МПа); x_2 - предельное остаточное давление (МПа); x_3 - температура фарша (К).

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 -эффективное 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 (%).

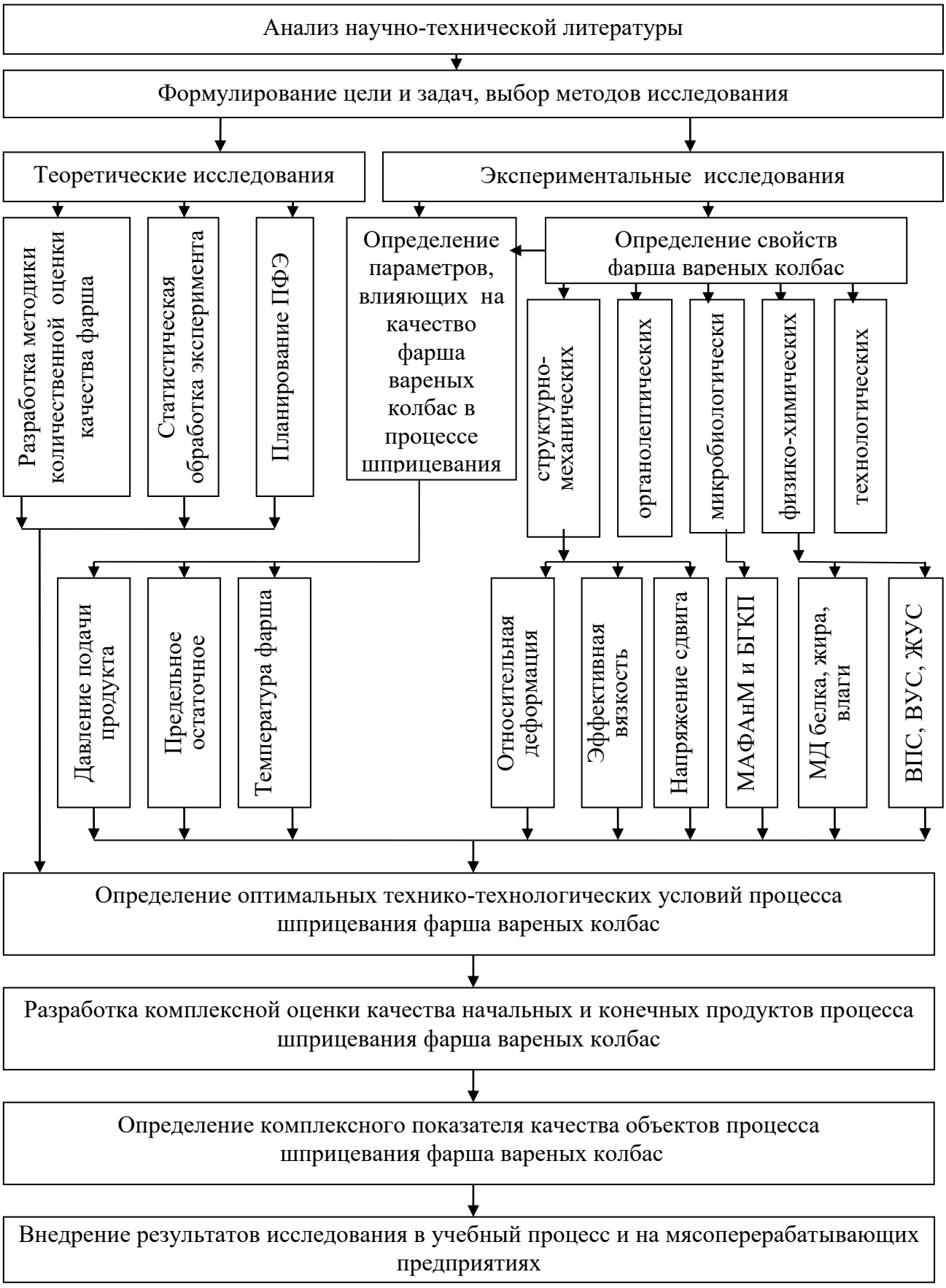
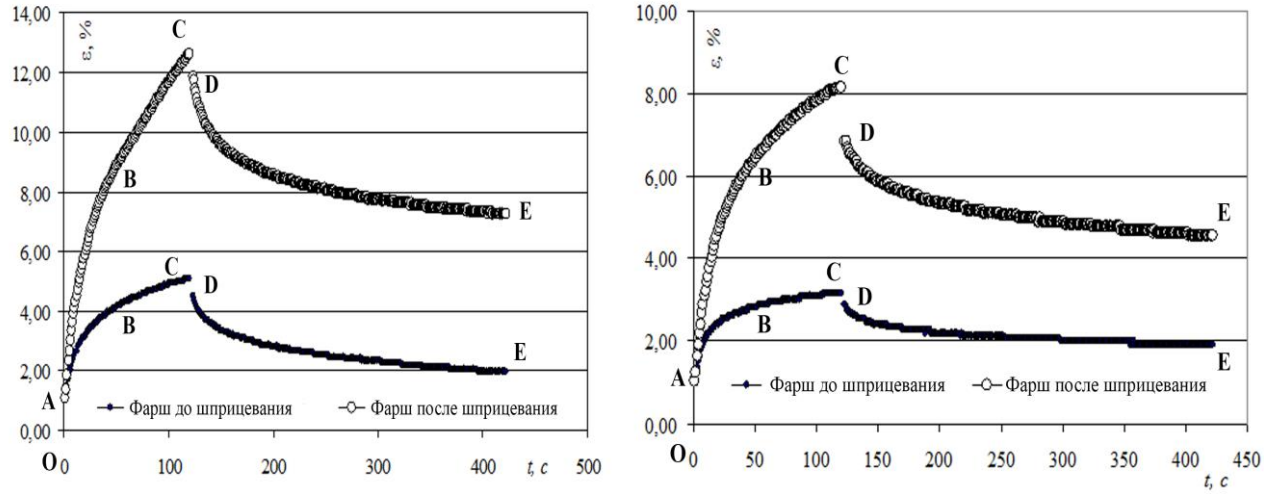


Рис. 1. Структурная схема исследования

В третьем разделе **«Показатели качества вареных колбас и параметры технологического процесса».** Проведено исследование реологических свойств

фарша сосисок по рецептурам "Премьера" и "Йогуртовые". Экспериментальные данные выражали кинетику деформации в виде кривых (рис 2).



а б

Рис 2. Кинетические кривые развития относительной деформации в фарше сосисок «Йогуртовые» (а) и сосисок «Премьера» (б) при постоянной нагрузке 20 Па.

На основании полученных данных кривых деформации можно выделить следующие зоны:

1. Зона упругой условно-мгновенной деформации ε_0 (отрезок ОА), которая мгновенно возникает (0,51 с) под действием прилагаемой нагрузки и мгновенно исчезает после ее снятия.

2. Максимально достигнутая деформация под действием приложенной нагрузки ε_m (отрезок ОС).

3. Удельно-эластичная деформация - полностью обратимая относительно деформации $\varepsilon_{уэ}$ (отрезок ОВ).

4. Высоко-эластичная деформация - относительная деформация, которая постепенно исчезает после снятия напряжения $\varepsilon_{вэ}$ (отрезок АВ)

5. Остаточная (пластичная) деформация, которая не исчезает после снятия прилагаемого напряжения в течение длительного времени $\varepsilon_{ост}$ (отрезок ЕО).

Рассмотренные реограммы дают основание констатировать следующее:

- в зоне упругой условно-мгновенной деформации для 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 обусловлена разной консистенцией фарша сосисок "Премьера" и сосисок "Йогуртовые";

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

- изменение высоко-эластичной деформации $\Delta\varepsilon_{вэ}$ при шприцевании: для

фарша сосисок "Премьера" происходит на 2,746 %, для фарша сосисок "Йогуртовый" на 2,403 %;

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

С помощью компьютерной программы APFill 3.7 нашли долю (%) порового пространства. На рис. 3 (а-г) представлены срезы микроструктуры колбасного фарша по рецептуре сосисок "Йогуртовые", которые были подготовлены при условиях: температура фарша 280 К для всех образцов; процесс куттерования (рис. а); процесс шприцевания при давлении 1,35 МПа и отсутствия давления вакуумирования (рис. б); процесс вакуумирования при давлении: - 0,48 МПа (рис. в); - 0,80 МПа (г).

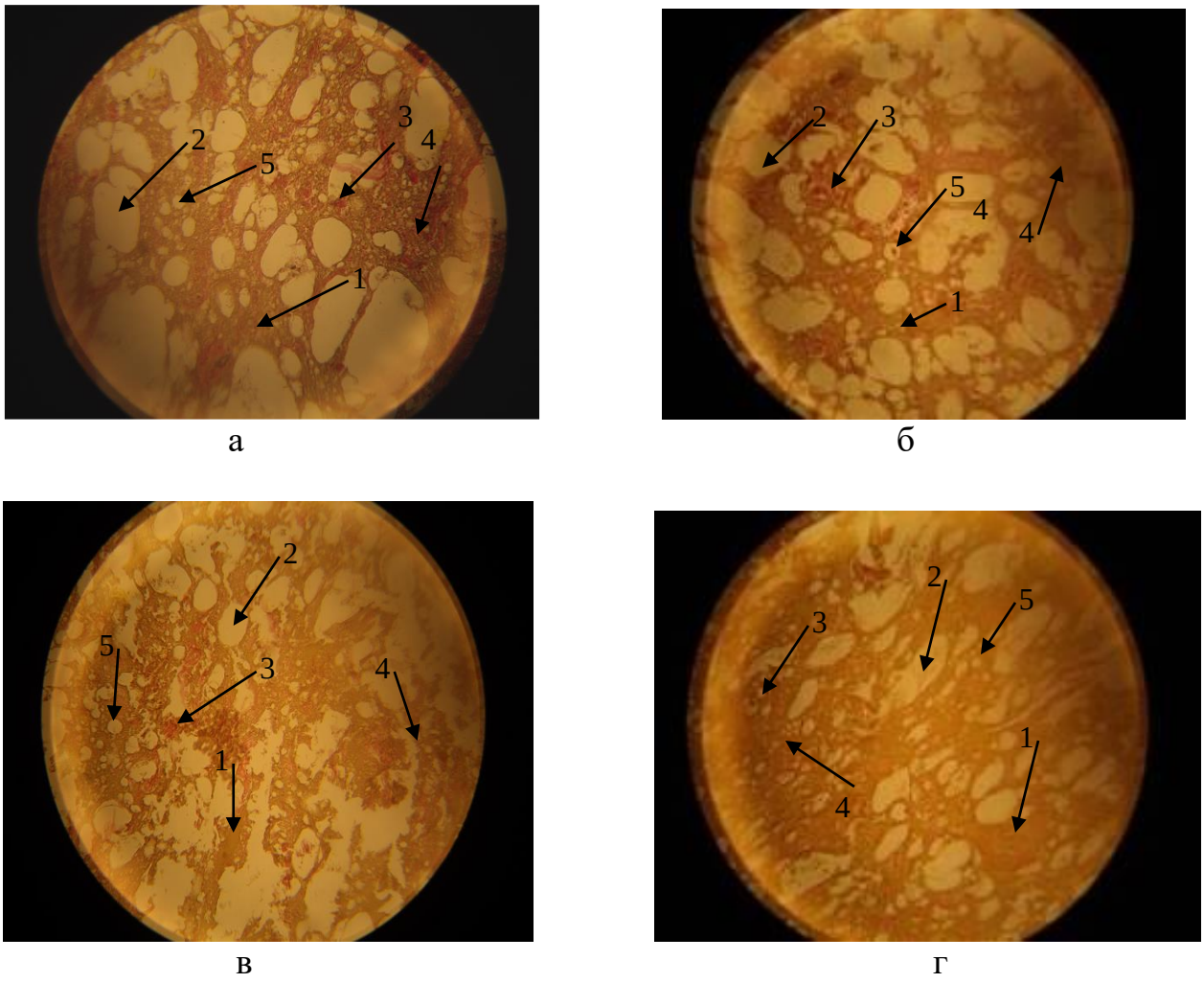


Рис. 3 - Гистологические срезы фарша: 1 - мышечные волокна; 2 - жировая ткань; 3 - соединительная ткань; 4 - крахмал; 5 – вакуоли

При микроскопии приготовленных срезов отмечаются следующие особенности гистологической структуры сосисок.

Фарш сосисок "Йогуртовые" после куттерования (а) в своей структуре содержит воздушных раковин (11,2%), после шприцевания без вакуума (б) - (10,4%), после шприцевания с вакуумом -0,4 МПа (в) - (8,7%), после шприцевания с вакуумом -0,8

МПа (г) - количество вакуолей составляет 7,9%. Структура фарша более однородна по сравнению с другими образцами, что, на наш взгляд, может быть приближена к оптимальной структуре.

Изучено влияние температуры, давления шприцевания, давления вакуумирования (рис. 4, 5, 6) на качественные характеристики, сформировавшиеся в процессе шприцевания фарша вареных колбас (ВПС, ЖУД, ВУД, органолептические показатели, эффективную вязкость, напряжения сдвига, МД, белка, влаги).

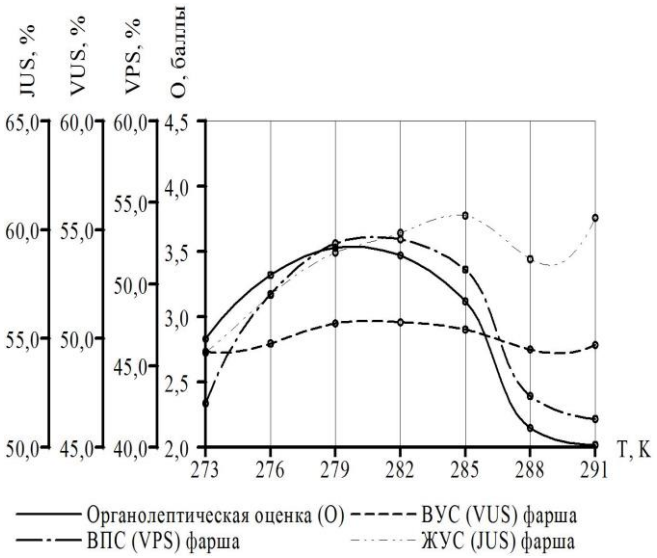


Рис. 4. Зависимость органолептической оценки и технологических параметров фарша вареных колбас при шприцевании от температуры Т, К

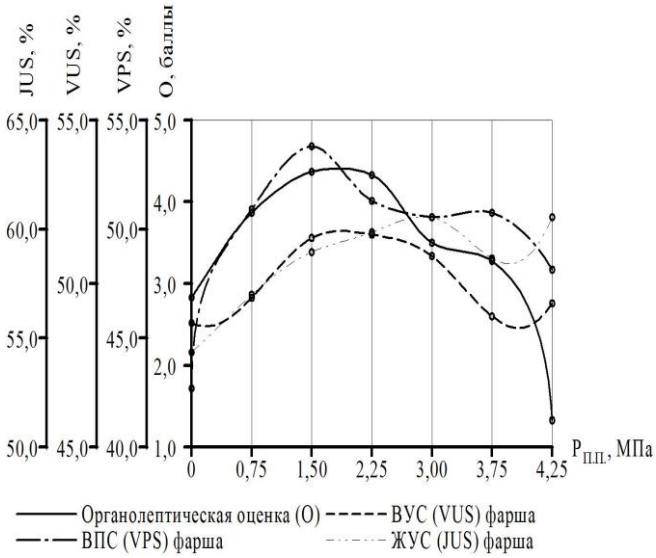


Рис. 5. Зависимость органолептической оценки и технологических параметров фарша вареных колбас от давления шприцевания $Р_{д.п.}$, МПа.

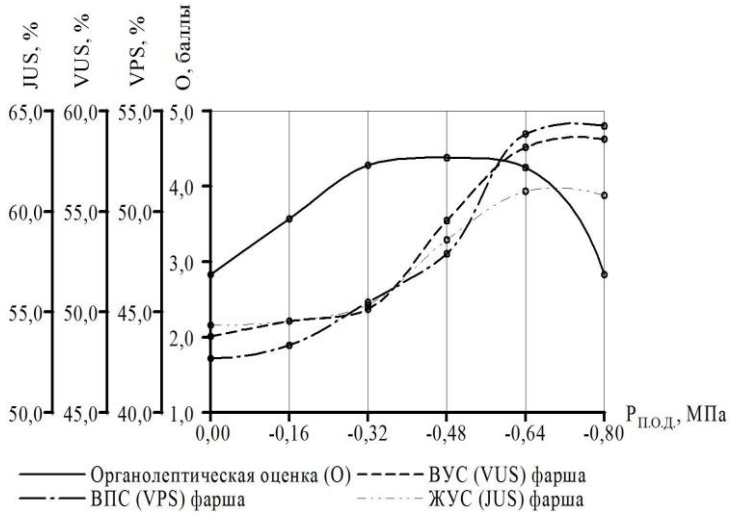


Рис. 6. Зависимость органолептической оценки и технологических параметров фарша вареных колбас от давления вакуумирования $Р_{п.о.д.}$, МПа.

По графикам был найден диапазон возможных значений по параметрам – температуры (Т,К), давление подачи фарша ($Р_{д.п}$, МПа.), давление вакуумирования ($Р_{п.о.д}$, МПа). Установленные диапазоны в дальнейшем были использованы для факторного пространства в активном эксперименте как верхний и нижний уровни.

В четвертом разделе **«Определение параметров процесса шприцевания**

вареных колбас» приведены результаты активного эксперимента по поиску оптимальных условий.

Среди параметров, подлежащих оптимизации, имеются такие, для которых желательно увеличивать их значение для повышения качества (положительное направление), и такие, для которых желательно снижать их значение (отрицательное направление) (табл. 1).

Таблица 1- Направление движения параметров к оптимуму

Направление	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 слвига Па	Объемная деформация, %	МД белка, %	МД влаги (%);	Количество МАФАнМ, в 1 г полукта	Количество БГКП, в 1 г продукта	Выход готовой продукции к массе сырья%
	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	(↓)	(↑)	(↓)	(↓)	(↓)	(↑)

Характеристика исследуемого факторного пространства приведена в табл. 2.

Таблица 2- Уровни и интервал варьирования факторов

Фактор		Наименование фактора	Размер-ность	Уровни варьирования			
				Верхний	Нижний	Нулевой	Шаг
				+1	-1	0	-
$P_{п.п.}$	x_1	Давление подачи продукта (шприцевания)	МПа	2,25	0,45	1,35	0,90
$P_{п..о.д.}$	x_2	Предельное остаточное давление (вакуума)	МПа	-0,80	-0,48	-0,64	-0,16
T	x_3	Температура фарша	К	285	275	280	5

Результаты органолептической оценки по пятибалльной системе представлены в таблице 3.

После статистической обработки результатов средних значений дегустационной оценки экстремального эксперимента получена аналитическая зависимость в кодированных (1) и натуральных (2) значениях варьируемых факторов.

$$y_1 = 4{,}28 - 0{,}06x_1 - 0{,}05x_2 - 0{,}02x_3 - 0{,}59x_1x_2 + \\ + 0{,}20x_1x_3 + 0{,}18x_2x_3 - 0{,}06x_1x_2x_3 \qquad (1)$$

$$O = 77{,}97 - 24{,}02P_{п.п.} + 87{,}03P_{п.о.д.} - 0{,}28T - \\ -18{,}04P_{п.п.}P_{п.о.д.} + 0{,}09P_{п.п.}T - 0{,}33P_{п.о.д.}T + 0{,}08P_{п.п.}P_{п.о.д.}T \quad (2)$$

Таблица 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

Графическая зависимость органолептических свойств колбасных изделий от варьируемых факторов приведена на рис. 7.

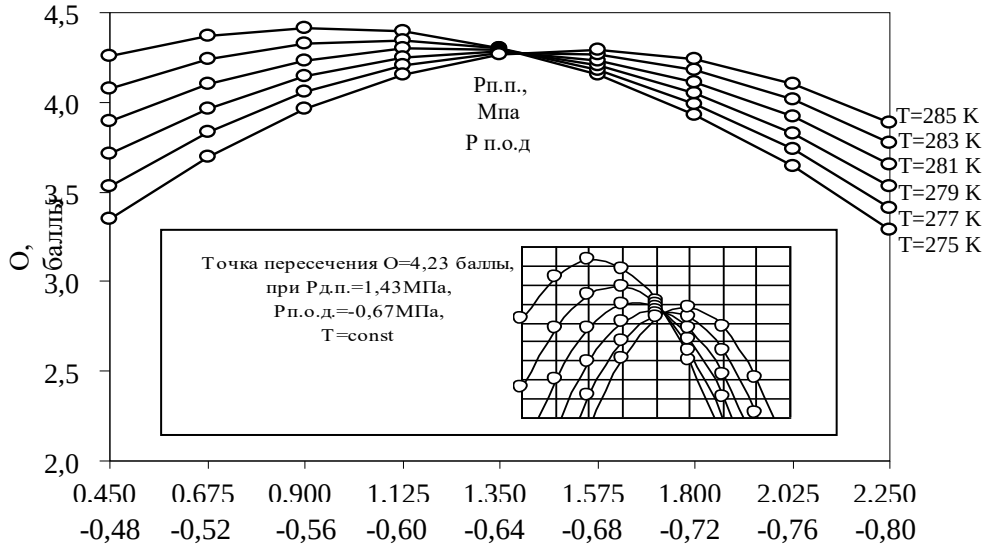


Рис. 7. Зависимость органолептических свойств колбасных изделий от варьируемых факторов.

Как видно, наибольшее значение органолептической оценки (4,415 балла) при значениях: $Р_{д.п.}$= 0,9 МПа, $Р_{п.о.д.}$ = -0,56 МПа, Т= 275 К.

Статистическую обработку результатов экстремального эксперимента

проводили по всем параметрам оптимизации (табл. 4).

Таблица 4 - Средние значения частичных откликов

№	*O*	*VPS*	*VUS*	*JUS*	*V*	*NS*	*OD*	*B*	*Vl*	*MA-FAnM*	*BG PK*	*Vg*
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

В табл. 5 приведены зависимости, адекватно отражающие результаты эксперимента.

Таблица 5 – Аналитические зависимости характеристик колбасного фарша от кодированных значений факторов процесса шприцевания

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

Анализируя полученное уравнение в кодированных значениях органолептической оценки, дает основание утверждать, что для повышения значения данного показателя необходимо понижать давление подачи и температуру, а вакуум повышать. Наибольшее сильное влияние на данный показатель оказывает взаимодействие двух давлений (X_1, X_2).

Если проанализировать полученное уравнение для ВПС, то можно сделать вывод, что давление подачи остаточное давление необходимо повышать, а температуру фарша понижать. Наибольший эффект на данный параметр оказывает давление вакуума (X_2) и парный эффект давления (X_1, X_2).

В пятом разделе **«Комплексный показатель качества объектов процесса шприцевания фарша вареных колбас»** проведено обобщение полученных значений.

Поскольку каждый параметр оптимизации имеет свой физический смысл и свою размерность, при оптимизации технологических процессов возникает необходимость каким-либо способом объединять, то есть переходить к обобщенному показателю, и этот обобщенный показатель может служить параметром оптимизации.

Применяя бинарный метод объединения, предполагаемый значение 1 при выполнении условий, и 0 - в случае их невыполнения:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Vl_i = \begin{cases} 1, & если \quad Vl_i \leq 60 \\ 0, & если \quad Vl_i > 60 \end{cases},$$

$$MAFanM_i = \begin{cases} 1, & если \quad MAFanM_i \leq 600 \\ 0, & если \quad MAFanM_i > 600 \end{cases};$$

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

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

были получены следующие результаты (табл. 6):

Таблица 6 - Преобразованные значения отзывов

№	Единичные отзывы, y_i												Обобщенный
	O	*VPS*	*VUS*	*JUS*	*Vl*	*NS*	*OD*	*B*	*V*	*MAF-AnM*	*BGPK*	*Vg*	Y
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	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	1	1	1	0	0	0	1	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, только в опытах № 4 и 6 все характеристики удовлетворяют сформулированным условиям.

Обобщенным показателем может служить и комплексный показатель, рассчитанный с учетом методов квалиметрии – науки, разрабатывающей методологию получения комплексных количественных оценок качества различных объектов.

Наиболее перспективным считается способ перехода от абсолютных значений показателей к безразмерным оценкам является способ, основанный на применении безразмерной шкалы функции желательности Харрингтона (рис. 8), 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.

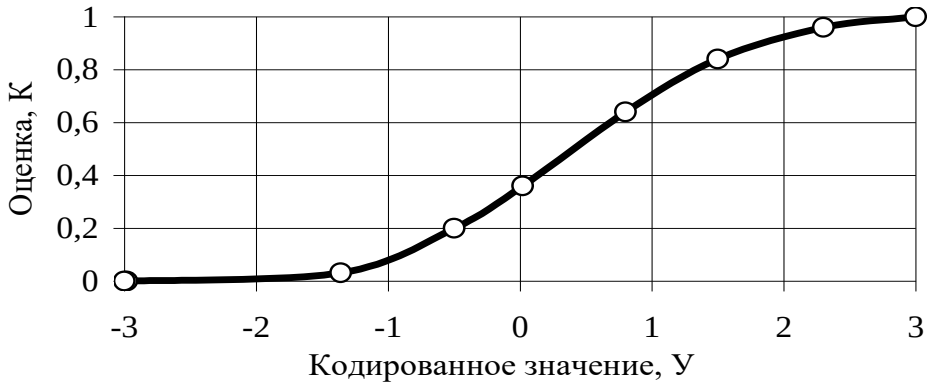


Рис. 8. График определения оценок нормируемых показателей качества

Для расчета комплексной оценки качества использовали средневзвешенную арифметическую величину:

$$K_O = \sum_{j=1}^{t} M_j \times \sum_{i=1}^{n_j} m_{ij} \times K_{ij} \quad , \tag{3}$$

где t - количество групп показателей качества услуг;

M_j - коэффициент весомости j-ой группы показателей качества услуг;

n_j - количество единичных показателей, входящих в j-ю группу;

m_{ij} - коэффициент весомости i-го показателя j-ой группы;
K_{ij} - относительное значение i-го показателя j-ой группы.
В табл. 7 представлены единичные и комплексные оценки.

Таблица 7 -Оценки показателей качества колбасного фарша

	Оценки групповых показателей качества, $K_j = \sum_{i=1}^{n_j} m_{ij} \times K_{ij}$					Комплексная оценка качества, $K = \sum_{j=1}^{5} M_j * K_j$
	органолептические	физико-химические	структурно-механические	микробиологические	технологические	
M_j	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	
1	0,85	0,643	0,438	0,9	0,745	0,679
2	0,96	0,585	0,418	0,895	0,635	0,683
3	0,97	0,603	0,343	0,87	0,41	0,643
4	0,68	0,785	0,568	0,9	0,845	0,706
5	0,695	0,659	0,316	0,875	0,335	0,556
6	0,985	0,582	0,478	0,88	0,68	0,711
7	0,98	0,617	0,37	0,885	0,635	0,68
8	0,78	0,7	0,324	0,905	0,71	0,633

По средневзвешенной арифметической величине наибольшее значение в опыте № 6 и составляет К=0,711, что отвечает оценке «хорошо», при котором давление подачи фарша составляет 2,25 МПа; предельное остаточное давление минус 0,48МПа; температура 285К. Можно констатировать, что независимо от выбранной средневзвешенной величины, арифметической или геометрической, ранги оценок не изменяются. Этот результат согласуется с результатом по бинарному способу.

Аналитическая зависимость, которая адекватно описывает влияние параметров процесса шприцевания на комплексный показатель качества фарша в кодированных значениях имеет вид:

$$y_к = 0{,}662 + 0{,}022x_1 + 0{,}004x_2 - 0{,}017x_3 - 0{,}018x_1x_2 + \\ + 0{,}005x_1x_3 + 0{,}008x_2x_3 - 0{,}033x_1x_2x_3 \quad (4)$$

в натуральных значениях факторов:

$$K = 14{,}757 - 8{,}109P_{д.п.} + 19{,}62P_{п.о.д.} - 0{,}051T - 12{,}705P_{д.п.}P_{п.о.д.} + \\ + 0{,}03P_{д.п.}T - 0{,}0164P_{п.о.д.}T + 0{,}046P_{д.п.}P_{п.о.д.}T \quad (5)$$

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что для увеличения комплексного показателя качества, необходимо увеличивать давление подачи продукта (x_1) до 2,25 МПа, уменьшать предельное остаточное давление (x_2) до - 0,48 МПа, повышать температуру фарша (x_3) до 285 К.

Эти значения и являются оптимальным режимом шприцевания колбасного

фарша.

В шестом разделе **«Внедрение результатов исследования в практику»** выполненные расчеты свидетельствуют о том, что освоение рациональных параметров процесса шприцевания в производстве колбасных изделий экономически целесообразно, поскольку:

- для освоения рациональных условий шприцевания в производстве не нужны значительные капиталовложения;
- снижение себестоимости обусловлено увеличением коэффициента выхода готовой продукции и фаршеемкости;
- улучшаются органолептические показатели колбасных изделий;
- происходит повышение коэффициента использования шприцев за счет оптимизации загрузки.

Сумма годового экономического эффекта при рационализации процесса шприцеваня 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; эффективное 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, 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 $P_{д.п.}$) - 2,25…0,45 МПа; давление вакуумирования (предельно остаточного давление $P_{п.о.д}$) - -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.

9. Впервые установлены оптимальные параметры процесса шприцевания, обеспечивающие высокое качество фарша вареных колбас по комплексу показателей: 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).

Перечень работ, опубликованных по материалам диссертации

Статьи в научных изданиях

1) Топольник В.Г. Оцінка якості сучасного обладнання для наповнювання ковбас / В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2008. – № 1(37). – С. 25-31.
   Личный вклад: анализ литературных источников, подготовка к публикации.
2) Топольник В.Г. Планування експериментального дослідження з пошуку оптимальних умов процесу шприцювання ковбасного фаршу / В.Г. Топольник, Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін // Наукові праці ОНАХТ. Сер.: Техн. науки. – 2011. – № 39, т. 1 – С. 274-277.
   Личный вклад: подготовка этапов экспериментальных исследований процесса шприцевания фарша вареных колбас, подготовка к публикации
3) Мілохова Т.А. Математичне моделювання основних показників якості процесу шприцювання ковбасного фаршу в оболонку / Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: темат. зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2012. - Вип.1 (15). – С. 495-501.
   Личный вклад: проведение расчетов, обобщение результатов, подготовка материала к публикации
4) Топольник В.Г. Визначення оптимальних умов шприцювання ковбасного фаршу для поліпшення органолептичних властивостей готової продукції / Топольник В.Г., Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2012. – № 1(53). – С. 112-119.
   Личный вклад: экспериментальные исследования, статистическая обработка результатов эксперимента, подготовка материалов к публикации
5) Топольник В.Г. Математичне моделювання споживчих показників якості ковбасного фаршу під час процесу шприцювання / Топольник В.Г., Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. - Вип. 29. Т.1. – С. 311-317.
   Личный вклад: проведение расчетов, обобщение результатов, подготовка материала к публикации
6) Милохова Т.А. Поиск оптимальных условий шприцевания колбасного фарша для улучшения органолептических свойств готовой продукции/ Т.А. Милохова, Ю.В. Османова// Оборудование и технологии пищевых производств: темат.сб.наук труд.- Донецк 2018г. Выпуск 5(38). – С. 43

Личный вклад: экспериментальные исследования, статистическая обработка результатов эксперимента, подготовка материалов к публикации

Материалы научно-практических конференций и публикации в журналах

7) Топольник В.Г. Методика комплексної кількісної оцінки якості фаршу варених ковбас в процесі шприцювання / Топольник В.Г., Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Мясной бизнес. – 2013. - №11(128), декабрь. – С 28-41.
   Личный вклад: разработка методики комплексной количественной оценки качества процесса шприцевания, статистическая обработка результатов, подготовка материалов к публикации.
8) Мілохова Т.А. Поліпшення органолептичних властивостей ковбасних виробів в процесі шприцювання фарш фаршу в оболонку / Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Мясной бизнес. – 2012. - №4(110), апрель. – 74-77.
   Личный вклад: экспериментальные исследования, подготовка материалов к публикации
9) Милохова Т.А. Факторы, влияющие на образование воздушных пузырьков в колбасном фарше / Т.А. Милохова // Техніка та технологія харчових виробництв: зб. тез студ. наук. пр. (технічна серія). – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – Вип. 2. – С. 164-165.
   Личный вклад: анализ литературных источников, подготовка к публикации
10) Мілохова Т.А. До питання про формування ковбасних виробів / Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Мясной бизнес. – 2013. - №8(125), сентябрь. – С 44-49.
    Личный вклад: аналитический обзор литературы, подготовка к публикации
11) Милохова Т.А. Изменение структуры колбасного фарша под. воздействием вакуума / Милохова Т.А. // Aktuální vymoženosti védzy – 2010 : VI mezinárodní védecká-praktická konference, Praha, 27.06.2010-05.07.2010. - Praha, 2010. - Díl.15. - S. 67 - 69.
    Личный вклад: экспериментальные исследования, подготовка материалов к публикации
12) Милохова Т.А., Попова Т.Н. Проблемы формирования качества колбасных изделий//Потребительский рынок: Качество и безопасность товаров и услуг; Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева (21 – 22 ноября 2019 года, Орёл). – С 288-293.
    Личный вклад: аналитический обзор литературы, подготовка к публикации
13) Ветров В.Н. Математическое моделирование показателей качества колбасного фарша в процессе шприцевания/ Ветров В.Н., Османова Ю.В., Милохова Т.А.// Международный научный журнал «Евразийский союз ученых». Международная научно-практиеская конференция. - Москва 2015. Выпуск № 11(20) «Технические науки», ноябрь. – С87-92
    Личный вклад: проведение расчетов, обобщение результатов, подготовка материала к публикации
14) Мілохова Т.А. Дослідження оптимальніх умов шприцювання ковбасного фаршу в оболонку/ Мілохова Т.А. // материал Междунар. науч.-практ. инт.конф., [Донецк], 21-22 марта 2015 г.- С97-99
    Личный вклад: анализ литературных источников.

15) Османова Ю.В., Милохова Т.А. Нанотехнологии шприцевания колбасного фарша/ Османова Ю.В., МИлохова Т.А.// Сборник материалов Международной научно-практической конференции технологий и управления (филиал). г. Мелеуз 25.10.2016г.- С94-99
Личный вклад: анализ литературных источников, подготовка к публикации
16) Милохова Т.А. Факторы влияющие на качественные показатели вареных колбас// Материалы международной научно-практической интернет-конференции «Проблемы использования технологических добавок в технологиях пищевых продуктов».– Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ имени Михаила Туган-Барановского», 2017. – С.72
Личный вклад: анализ литературных источников, подготовка тезисов к публикации

АННОТАЦИЯ

Милохова Т.А. Оптимизация процесса шприцевания фарша вареных колбас на основе комплексного показателя качества. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств. Государственная Организация Высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», Донецк, 2020г.

Диссертация посвящена оптимизации процесса шприцевания фарша вареных колбас. Определены факторы оказывающие влияние на параметры оптимальности процесса шприцевания.

В результате исследований установлены оптимальные условия процесса шприцевания фарша вареных колбас, которые положительно влияют на реологические, физико-химические, микробиологические характеристики.

Проведены экспериментальные исследования, позволяющие найти математические модели процесса шприцевания фарша вареных колбас, необходимые для оптимизации процесса и стабилизации показателей качества готовой продукции.

Результаты исследований внедрены в производство.

Ключевые слова: *шприцевание, влагоудерживающая способность, вакуум, колбасный фарш, комплексный показатель качества, жироудерживающая способность*

ANNOTATION

Milokhova T.A. Optimization of the process of stuffing minced boiled sausages based on a comprehensive quality indicator. - The manuscript.

The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.18.12 - processes and apparatuses of food production. State Organization of Higher

Professional Education "Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky", Donetsk, 2020.

The dissertation is devoted to optimization of the process of extrusion of minced boiled sausages. The factors influencing the optimality parameters of the extrusion process are determined.

As a result of the research, the optimal conditions for the process of extrusion of minced boiled sausages were established, which positively affect the rheological, physico-chemical, microbiological characteristics.

Experimental studies have been conducted to find mathematical models of the process of extrusion of cooked sausage minced meat, necessary to optimize the process and stabilize the quality indicators of the finished product.

The research results are introduced into production.

Keywords: extrusion, water-holding capacity, vacuum, sausage stuffing, a comprehensive quality indicator, fat-holding capacity