

*М.А. Никитина, к.т.н., доцент, А.Н. Захаров, к.т.н., с.н.с.  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности имени  
В.М. Горбатова», Москва, Российская Федерация*

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*M. Nikitina, A. Zakharov*

*The Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russian Federation*

### **COMPUTER SYSTEM FOR SAUSAGE QUALITY ASSESMENT**

*e-mail: nikitinama@vniimp.ru, azakharov@vniimp.ru*

*В статье проведен анализ комбинированных фаршей с добавлением от 5% до 40% растительного белкового препарата взамен мясной части. По экспериментальным данным проводилась структурная идентификация с целью нахождения оптимального уравнения наименьшего порядка. Были построены адекватные модели по изменению ВУС, ЖУС и рН (парабола 3-го порядка) при замене мясного сырья белковыми препаратами растительного происхождения. Авторы считают, что возможна замена 10% мясного сырья с сохранением удовлетворительных физико-химических показателей и функционально-технологических показателей. Показана функциональная структура компьютерной системы оценки влияния новых компонентов в эмульгированных мясных продуктах и прогнозирование их качества, в которой заложены структурно-параметрические принципы, а также структурно-механические и функционально-технологические показатели исходного сырья. Оперируя исходными данными, характеризующими состав и свойства сырья и ингредиентов, установив граничные условия и требуемые уровни отдельных показателей, используя систему компьютерного моделирования, представляется возможным спрогнозировать качество будущего продукта.*

*The paper presents an analysis of combined minced meat with addition of 5% to 40% of a plant protein preparation instead of the meat part. Based on the experimental data, the structural identification was carried out to find an optimal equation of the least order. Adequate models were built for changes in the moisture binding capacity, fat binding capacity and pH (parabola of the 3<sup>rd</sup> order) when replacing meat raw material with plant protein preparations. The authors suggest that it is possible to replace 10% of meat raw material with retention of satisfactory physico-chemical and functional technological indicators. The functional structure of the computer system for assessment of an effect of new components in emulsified meat products and prediction of their quality is shown, which includes structural parametric principles as well as structural-mechanical and functional-technological indicators of the initial raw material. It seems to be possible to predict quality of a future product by operating the initial data that characterize the composition and properties of raw material and ingredients, establishing boundary conditions and required levels of individual indicators, and using a system of computer modeling.*

**Ключевые слова:** компьютерные технологии; качество; мясной фарш; изолированный белок.

**Keywords:** computer technologies; quality; minced meat; protein isolate.

**Введение.** Одно из направлений государственной политики в области здорового питания является разработка высококачественных пищевых продуктов с заданным химическим составом и пищевой ценностью, отвечающих всем требованиям технических регламентов и нормативных документов. В связи с этим важнейшей задачей мясоперерабатывающей промышленности является рациональное использование сырья, интенсификация производства на основе использования научно-технического прогресса и внедрения прогрессивных технологий, расширение ассортиментного ряда продукции и повышение качества продукции, в том числе за счет создания новых видов продуктов на основе сочетания мясного сырья с белками животного и растительного происхождения.

Концепция моделирования и оптимизации, сформулированная в трудах школы академика Кафарова В.В. [1], связана с прогнозированием качества продукции переработки биосырья животного происхождения со случайными характеристиками и свойствами.

Качество мясного продукта наиболее полно характеризует комплексный критерий качества, учитывающий физико-химические, функционально-технологические показатели и структурно-механические свойства. Особое значение имеют реологические характеристики, коррелирующие с физико-химическими показателями биосырья животного происхождения, мясного фарша и готового изделия [2–3].

**Целью исследования** явилось изучение степени влияния растительного изолированного белка на физико-химические и функционально-технологические свойства фаршевой системы и разработка математической модели качества полученной продукции в зависимости от процента замены мясного сырья. Обоснование эффективной дозировки соевого изолированного белка для внесения в разрабатываемое колбасное изделие.

**Материалы и методы исследований.** В соответствии с поставленной задачей в мясной фарш вносили от 5% до 40% гидратированного растительного изолированного белка взамен мясного сырья. Полученные комбинированные фарши оценивали по физико-химическим, функционально-технологическим показателям, в частности, определяли ВУС, ЖУС, рН фаршей в сравнении с контролем.

Для поиска оптимального уравнения связи (оптимальной модели) по экспериментальным данным проводилась структурная идентификация (аппроксимация данных полиномиальными уравнениями различных порядков с целью нахождения оптимального уравнения наименьшего порядка) с вычислением коэффициента детерминации ( $R^2$ ), показывающим, насколько точно полученная нами регрессионная модель, то есть степень близости экспериментальной зависимости и ее математической модели. Оптимальным будет считаться уравнение, а, следовательно, и модель соответствующего порядка, коэффициент детерминации которого равен единице.

**Результаты и их обсуждение.** Комплексное решение проблемы требует учета всех факторов с оценкой адекватности по комплексу биологических, технологических и экономических критериев. Поэтому необходимо объединить накопленные данные и знания в единую информационную базу знаний, отражающую всю априорно известную информацию о методах, моделях и алгоритмах моделирования поликомпонентных мясных продуктах.

Основу реляционной базы данных с индексно-последовательной структурой составляют физико-химические, функционально-технологические и структурно-механические характеристики сырья животного и растительного происхождения.

Открытая и постоянно пополняющаяся база данных и знаний становится основой для разработки структурно-параметрического описания, формализованной оценки и идентификации адекватности белоксодержащего эмульгированного мясного продукта.

Для решения поставленных задач специалистами ВНИИМП им. В.М. Горбатова разрабатывается компьютерная система оценки влияния новых компонентов в эмульгированных мясных продуктах и прогнозирование их качества, в которой заложены структурно-параметрические принципы, а также структурно-механические и функционально-технологические показатели исходного сырья. Функциональная структура данной системы представлена на рисунке 1.

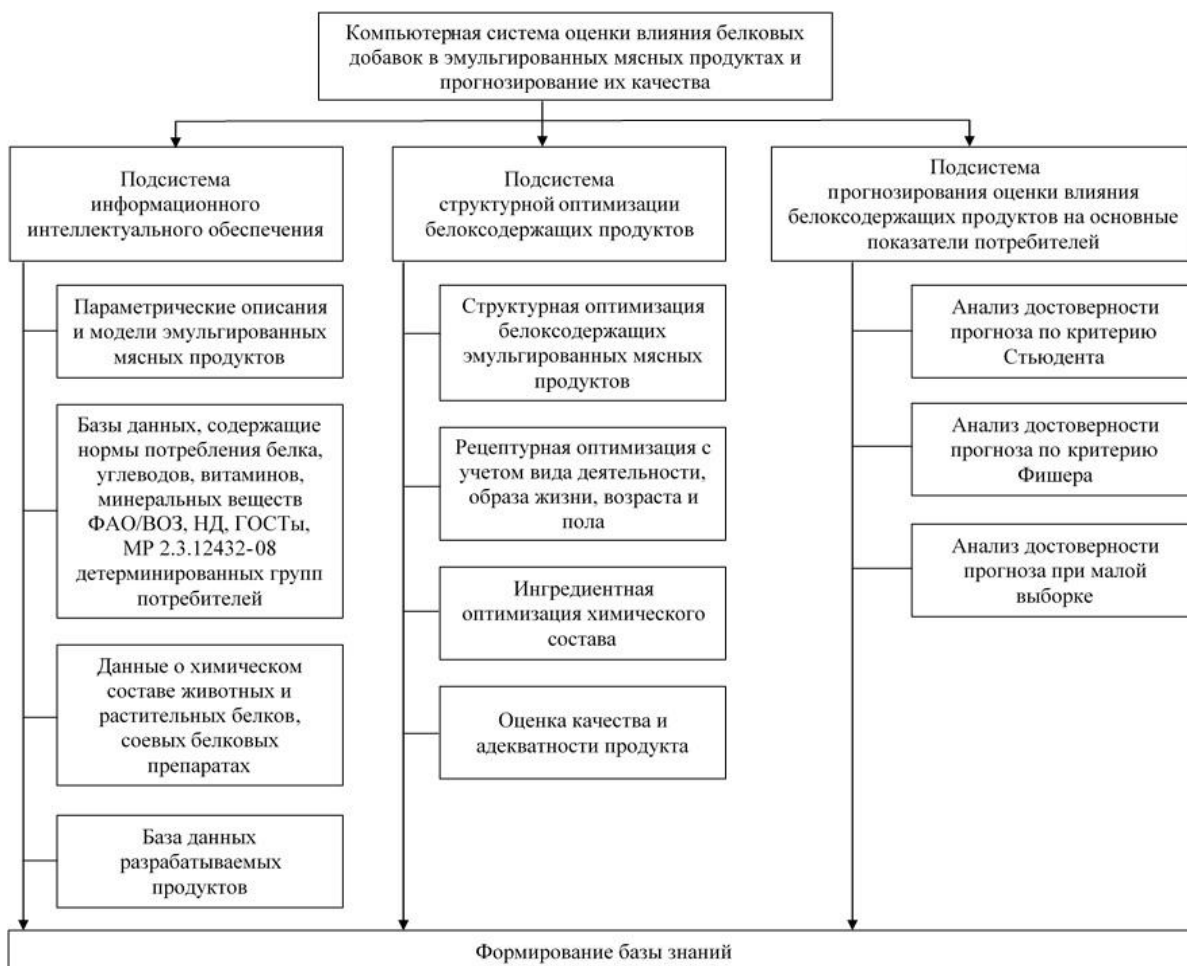


Рисунок 1 – Функциональная схема компьютерной системы

Работа с системой начинается с диалогового окна (рисунок 2).

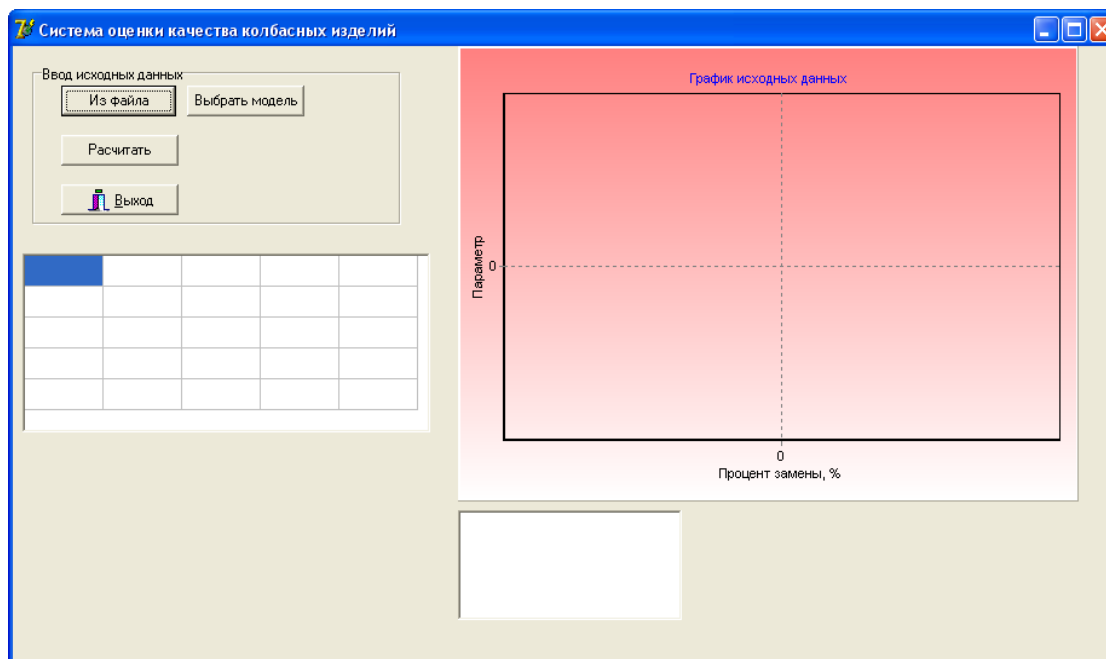


Рисунок 2 – Интерфейс стартового меню

На первом этапе пользователь должен ввести исходные данные из файла формата \*.txt, нажав кнопку «ИЗ ФАЙЛА». Второй этап связан с выбором аппроксимирующей модели (линейная, парабола 2-го порядка, парабола 3-го порядка, показательно-линейная, обратная линейная, логарифмическая).

Далее происходит статистическая обработка данных с расчетом коэффициентов уравнения регрессии и корреляции. Пример работы системы показан на рисунке 3.

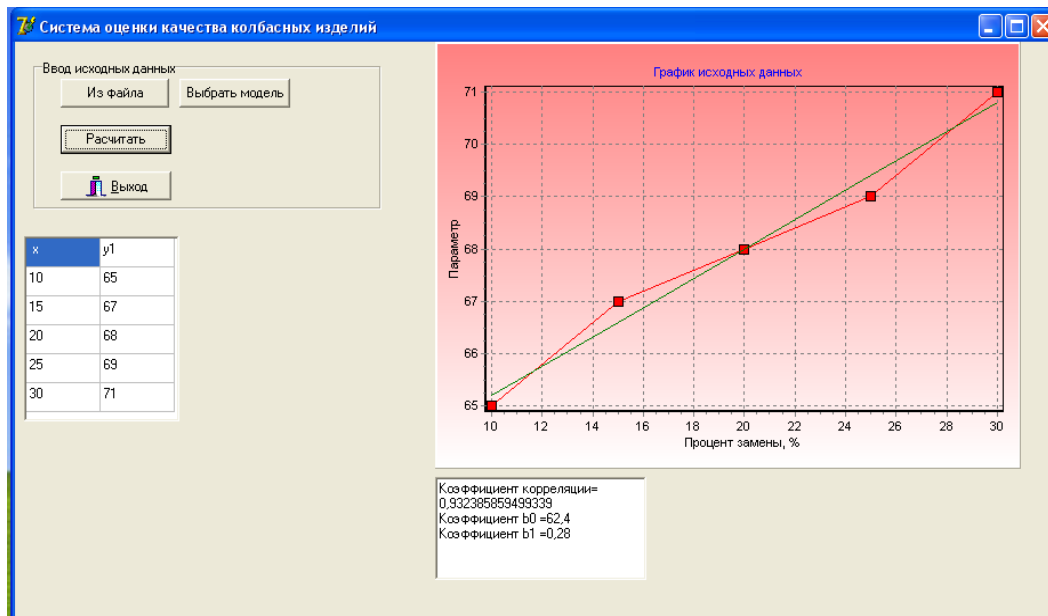


Рисунок 3 – Результат обработки исходных данных

Аналогичным образом была осуществлена аппроксимация данных полиномиальными уравнениями по изменению ВУС, ЖУС и рН (парабола 3-го порядка) при замене мясного сырья белковыми препаратами растительного происхождения. Графики некоторых моделей представлены на рисунках 4–6.



Рисунок 4 – Сопоставление экспериментальных и расчетных значений ВУС, %.

ВУС  $y = -0,59 \cdot x^3 - 1,09 \cdot x^2 + 0,61 \cdot x + 62,23$

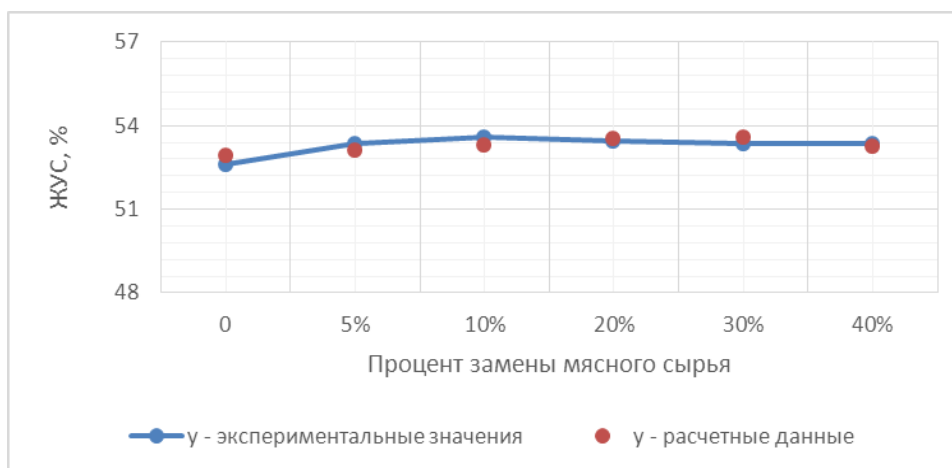


Рисунок 5 – Сопоставление экспериментальных и расчетных значений ЖУС, %.

$$y = -18,11*x^3 + 0,02*x^2 + 3,7*x + 52,93$$

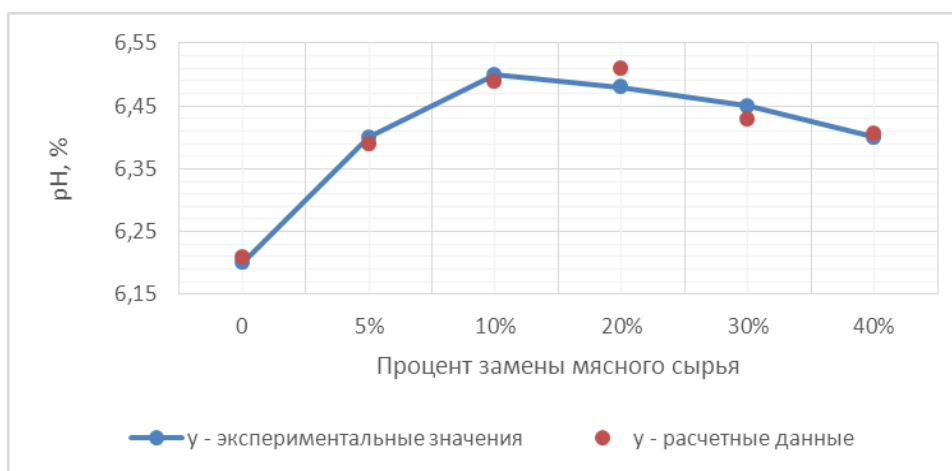


Рисунок 6 – Сопоставление экспериментальных и расчетных значений рН, %.

$$y = 26,18*x^3 - 20,77*x^2 + 4,61*x + 6,21$$

Способность фарша связывать и удерживать воду, жир и устойчивость его при термической обработке изменяются в зависимости от морфологического состава и термического состояния сырья, рН, содержания белка, жира, влаги в фарше и их соотношение. Решающее влияние на функциональные свойства фарша оказывают содержание мышечной и соединительной ткани в рецептуре, а также содержание белка и жира в фарше.

Исследования показали, что с увеличением массовой доли замены мясного сырья гидратированным соевым белком, рН фарша возрастает. Это влияет на гидрофильность белков мяса, следовательно, увеличивается влагоудерживающая и жирудерживающая способности модельной фаршевой системы.

На изменение водоудерживающей способности мяса в процессе его тепловой обработки влияют многие факторы: температура, до которой оно нагревается, длительность выдержки при ней, температура среды, способ тепловой обработки, скорость нагрева, величина рН обрабатываемого сырья, реологические характеристики, химический состав продукта, количество добавленной поваренной соли, воды, вид мяса, а именно анатомическое происхождение мышц, возраст животных и др.

Исследования зависимости снижения содержания влаги от температуры и рН образца фарша показали, что отделение влаги начинается уже при температуре 35°C [4]. Однако, начиная с температур 45–50°C, влага выделяется более интенсивно. Это

объясняется изменением, с одной стороны, структуры воды при указанных температурах, с другой – конформацией белковой макромолекулы, которая обусловлена комплексом внутри- и межмолекулярных водородных связей и гидрофобных взаимодействий или денатурацией белка.

Поскольку, нагрев сопровождается изменением формы связи воды (водородных связей и гидрофобных взаимодействий), действующие между протофибриллами вторичные силы Ван-дер-Ваальса стягивают молекулу белка в более компактную форму, т.е. происходят полимеризация дискретных белков и увеличение их молекулярной массы. При этом с повышением температуры контакт воды с углеводородом приводит к энергетически менее выгодной замене взаимодействия «вода-вода» взаимодействием «углерод-вода», структура белка уплотняется, что вызывает значительное выделение влаги в виде бульона.

Увеличение pH идет до достижения определенного максимального значения, при котором наблюдается максимальная растворимость белков и, соответственно, максимальная ВУС и ЖУС фаршевой системы.

При дальнейшем увеличении процента замены мясного сырья ВУС и ЖУС снижаются, что подтверждается снижением pH. Данный процесс обусловлен тем, что содержащиеся в соевом белке кислоты начинают влиять на кислотность системы, а щелочных составляющих мясного фарша недостаточно для взаимодействия с ними. В связи с этим наблюдается снижение функционально-технологических свойств модельной фаршевой системы.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено влияние замены мясного сырья соевым изолированным белком на физико-химические и функционально-технологические показатели готового эмульгированного мясного продукта. Полученные математические зависимости по изменению ВУС, ЖУС и pH при замене мясного сырья соевыми белковыми препаратами будут использованы в банке моделей компьютерной системы. Системный подход к оценке качества будущего продукта с учетом потенциального влияния отдельных ингредиентов рецептуры на процессе структурообразования, формирование органолептических показателей и т.п. дает возможность получения мясопродуктов гарантированного качества при минимальных материальных и временных затратах.

### Список использованных источников

1. Кафаров, В.В. Системный анализ процессов химической технологии / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Э.М. Колцова – М.: Наука, 1988. – 367 с.  
Kafarov, V.V. Sistemnyj analiz processov himicheskoj tehnologii [System analysis of the processes of chemical technology] / V.V. Kafarov, I.N. Dorohov, Je.M. Kolcova – М.: Nauka, 1988. – 367 p.
2. Косой, В.Д. Инженерная реология в производстве колбас / В.Д. Косой, А.Д. Малышев, С.Б. Юдина – М.: КолосС, 2005. – 264 с.  
Kosoj, V.D. Inzhenernaja reologija v proizvodstve kolbas [Engineering rheology in sausage production] / V.D. Kosoj, A.D. Malyshev, S.B. Judina – М.: KolosS, 2005. – 264 p.
3. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов / А.В. Горбатов – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.  
Gorbatov, A.V. Reologija mjasnyh i molochnyh produktov [Rheology of meat and dairy products] / A.V. Gorbatov – М.: Pishhevaja promyshlennost', 1979. – 383 p.
4. Лисицын, А.Б. Моделирование качества мясной продукции / А.Б. Лисицын, М.А. Никитина, А.Н. Захаров, Е.Б. Сусь, В.В. Насонова // Пищевая промышленность. – 2016, № 10. – С. 50–54.  
Lisitsyn, A.B. Modelirovanie kachestva mjasnoj produkcii [Modeling of meat product quality] / A.B. Lisitsyn, M.A. Nikitina, A.N. Zakharov, E.B. Sus', V.V. Nasonova // Pishhevaja promyshlennost'. – 2016, № 10. – P. 50–54.