

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ МЯСОПРОДУКТОВ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА

О.Н. Красуля, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»,

А.В. Токарев, канд. техн. наук, технический директор, ООО «ФудСофт»,

А.С. Дыдыкин, д-р техн. наук, руководитель отдела «Функциональное и специализированное питание»,

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова»

DOI: 10.33465/2308-2941-2025-01-44-47

В статье представлена автоматизированная гибридная экспертная система «МультиМит Эксперт» – специализированный программный комплекс, предназначенный для решения технологических и учетных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности. Его применение позволяет автоматизировать процесс производства продукции, управлять технологическим процессом с целью получения продуктов заданных состава и свойств, снижать временные и финансовые издержки предприятия, оптимизировать процесс планирования и управления, минимизировать себестоимость продуктов и затраты на разработку новинок.

В современной мясной и рыбной промышленности автоматизация и контроль всех процессов становятся необходимостью. Нестабильность качества сырья, сложности в управлении производственными процессами, разнообразие продуктов, потребность в постоянном совершенствовании рецептур требуют инновационных решений для эффективного управления производством. В условиях острой конкурентной борьбы предприятия вынуждены регулярно расширять ассортимент продукции во всех ценовых сегментах, чтобы не упустить потребителя. Ассортимент продукции может достигать нескольких сотен наименований, при этом каждому продукту соответствует как минимум одна рецептура.

Информационная неопределенность российского рынка мясной и рыбной продукции, которая вызвана колебанием цен на сырье, изменчивостью качества сырья, постоянным появлением новых ингредиентов и пищевых добавок, требует от производителя, желающего выпускать конкурентоспособную продукцию,

работы сразу с несколькими рецептурами одного продукта. В результате у технолога формируется обширная номенклатура рецептур, что усложняет задачу по оперативному поиску оптимальной альтернативы с учетом остатков сырья на складе, его стоимости и рентабельности [1].

Очевидно, что одного расширения ассортимента продукции разных ценовых категорий недостаточно для успешной деятельности предприятия мясной промышленности. Необходимо также обеспечивать стабильное качество продукции, что в условиях информационной неопределенности делать весьма непросто.

Потребитель, как правило, отказывается от продукции, если хотя бы однажды она была плохого качества, поэтому спрос на продукт зависит не только от цены, но и от качества, которое закладывается на этапе разработки рецептуры. Следовательно, рентабельность продукции в немалой степени зависит от того, насколько оптимально подобран ингредиентный состав рецептуры. Чтобы достичь наилучшего результата, тех-

Ключевые слова: мясная продукция, заданные состав и свойства, автоматизация, гибридная экспертная система «МультиМит Эксперт», оптимизация планирования и управления.

нолог должен решать двойственную задачу: с одной стороны, конечный продукт должен соответствовать параметрам заданного качества, а с другой – его стоимость необходимо минимизировать [2–5].

Кроме того, важную роль в оптимизации бизнес-процессов играют точный учет всех производственных операций и анализ эффективности деятельности предприятия – выявление прибыльной и убыточной продукции; соотношение высоко- и низкорентабельной продукции в общем объеме произведенной и реализованной продукции; дифференцирование сырья от разных поставщиков, определение оптимального направления его использования и др. [6]. Отсутствие подобного анализа на предприятии, как правило, приводит к снижению рентабельности и ухудшению имиджа компании.

Информационные технологии для оптимизации производственных процессов

Для эффективного решения перечисленных задач требуется применять современные информационные технологии, в т.ч. экспертные системы в виде специализированных программных комплексов, которые координируют работу всех подразделений предприятия и оптимизируют производственные процессы. Примером подобного комплекса является экспертная система управления технологическим процессом производства мясных и рыбных продуктов заданного качества «МультиМит Эксперт» [7, 8]. Разработчик системы — компания «ФудСофт», занимающаяся созданием специализированного программного обеспечения для пищевой промышленности. В компании имеется собственная научно-исследовательская группа, в которую входят ведущие ученые и эксперты в области моделирования рецептур продуктов питания и автоматизации пищевых предприятий.

На рис. 1 представлена схема применения комплекса «МультиМит Эксперт» в общей структуре передачи и обработки информации различных подразделений мясоперерабатывающего предприятия.

Программный комплекс «МультиМит Эксперт» имеет модульное строение и гибкую систему конфигурирования, что позволяет адаптировать его интерфейс и функционал с учетом конкретных задач и потребностей предприятия. Он также обеспечивает интеграцию со многими представленными на рынке программами (в том числе с системой «1С: Предприятие»). Комплекс состоит из «Базового» и шести дополнительных модулей – рассмотрим основной функционал каждого из них.

Программный модуль «Базовый» решает задачи производства, связанные с качеством и ценой продукта; предоставляет удобный и эффективный инструмент для работы с рецептурами мясных и рыбных продуктов (с множеством различных функций); производит расчет показателей качества продукта (в т.ч. содержания влаги, белка, жира, углеводов, энергетической ценности, pH, коэффициента водоудержания фарша и пр.); выполняет аналитику рецептур и расчет стоимостных показателей готовой продукции (в т.ч. себестоимости, рентабельности, цены реализации); осуществляет складской учет; проводит анализ качества сырокопченых колбас по реологическим показателям; определяет количество воды для гидратации рецептурных ингредиентов;

позволяет создавать технологические карты; выполняет штрихкодирование сырья/продукции.

Программный модуль «Убой скота» предназначен для оперативного учета, контроля и автоматизации процессов снабжения мясокомбината, а также убоя и переработки скота. Позволяет управлять уровнем убойного цеха мясоперерабатывающего предприятия или хладобойни, осуществляет идентификацию и обеспечивает прослеживаемость партий сырья.

Программный модуль «Обвалка и жиловка мяса с/х животных и птицы» предназначен для оперативного учета, контроля и автоматизации процессов разделки мяса сельскохозяйственных животных и птицы. Обеспечивает управление уровнем цеха обвалки и жиловки мясоперерабатывающего предприятия.

Программный модуль «Оптимизация и моделирование рецептур» позволяет выполнять оптимизацию и моделирование рецептур мясных и рыбных продуктов с заданными составом и свойствами. Функционал данного модуля дает возможность не только оптимизировать уже используемые на предприятии рецептуры продуктов, но и разрабатывать новые с заданными потребительскими характеристиками, функциональной направленностью и пищевой ценностью при минимальной себестоимости. Применение комплекса «МультиМит Эксперт» в конфигурации с данным модулем позволяет снизить себестоимость продукции минимум на 10 %, а также улучшить ее свойства.

Программный модуль «Экспертная система диагностики и анализа качества рецептур» служит для диагностики и анализа качества рецептуры мясных и рыбных продуктов, выявляет технологические проблемы и предлагает варианты их решения. При анализе рецептуры учитываются физико-химические, функционально-технологические и структурно-механические свойства сырья и рецептурных ингредиентов. На основе этого модуля выполняется уникальная операция по определению оптимального набора пищевых добавок, которые корректируют качество продукта и применяются для устранения потенциальных



Рис. 1. Схема применения комплекса «МультиМит Эксперт»

проблем в рецептуре, вызванных наличием в ней дефектного сырья (например, с пороком автолиза) и другими технологическими особенностями, приводящими к возникновению брака. Анализ выполняется с учетом доступных на складе сырья и ингредиентов, их свойств и цены.

Другой уникальной особенностью функционала модуля является расчет и анализ коэффициента водоудержания фарша. Используя этот параметр, можно прогнозировать возможность образования технологического дефекта (например, бульонно-жирового отека) на стадии моделирования рецептуры и предлагать меры по его устранению.

Программный модуль «Производственное задание и учет» позволяет организовывать единое информационное пространство для управления различными аспектами учетной деятельности на предприятиях мясной и рыбной промышленности, в т.ч. формировать ежедневное производственное задание, планировать и осуществлять выпуск продукции по альтернативным рецептурам, выполнять план-фактный анализ деятельности производства, вести учет и контроль качества выпускаемой продукции, планировать закупки сырья и ингредиентов.

Программный модуль «Интеграция с экспресс-анализатором химического состава сырья» позволяет импортировать в систему результаты анализа химического состава сырья, полученные с помощью различных экспресс-анализаторов (например, «ФудСкан»). Это дает возможность в реальном времени автоматически получать информацию о фактическом качестве сырья, поступающего на предприятие, и использовать ее для более точных расчетов, оптимизации и моделирования рецептур.

Широкий функционал системы позволяет использовать ее практически во всех циклах работы мясоперерабатывающего предприятия, а также проводить оптимизацию и моделирование рецептур мясopодуктов как массового потребления, так и функционального и специализированного назначения.

Пример оптимизации рецептуры вареной колбасы

В последние годы все большее внимание уделяется проектированию рецептур для функционального и специализированного питания, включая продукты для детского, геродиетического и спортивного рациона. Оценим эффективность применения системы «МультиМит Эксперт» для проектирования рецептур таких продуктов на примере оптимизации рецептуры вареной колбасы для детского питания, обогащенной кальцием и йодом.

Состав базовой и рассчитанной в программе оптимальной рецептуры приведен в табл. 1.

Согласно заданным условиям оптимизации, рецептура вареной колбасы должна была соответствовать следующим требованиям:

- соответствие ингредиентного состава фарша требованиям, указанным в табл. 2;
- соответствие органолептических и физико-химических показателей готового продукта заданным требованиям;
- максимально сбалансированное соотношение кальция и фосфора;

- обеспечение показателя рН фарша в диапазоне 6,0–6,3;
- снижение себестоимости опытного фарша в сравнении с фаршем, изготовленным по базовой рецептуре.

В табл. 3 и 4 представлены сравнительные данные качественных характеристик и экономической эффективности базовой и скорректированной рецептур. Использование комплекса «МультиМит Эксперт» для расчета оптимальной рецептуры вареной колбасы, обогащенной кальцием и йодом, позволило улучшить соотношение кальция и фосфора и приблизить его к заданному оптимальному значению 1:1, что способствовало повышению биологической ценности готового продукта, а также увеличить коэффициент водоудержания фарша и, как следствие, улучшить структурно-механические характеристики. Кроме того, удалось увеличить значение показателя энергетической ценности продукта на 14,5 % и привести его к заданным требованиям. При этом рентабельность продукции увеличилась на 10,34 %.

Таблица 1. Базовая и скорректированная рецептуры вареной колбасы

Ингредиенты	Цена за 1 кг, руб.	Рецептура	
		Базовая (контроль)	Скорректированная (опыт)
Сырье несоленое (на 100 кг), кг			
Говядина высшего сорта	680,00	20,0	10,0
Говядина 1-го сорта	510,00	38,0	37,2
Свинина полужирная	215,00	35,0	45,8
Молоко сухое обезжиренное	250,00	4,0	4,0
Меланж	220,00	3,0	3,0
Пищевые добавки и специи (на 100 кг несоленого сырья), г			
Соль поваренная пищевая	30,00	900,0	880,0
Посолочная смесь (нитрит натрия – 0,3 %)	30,00	1 000,0	980,0
Аскорбиновая кислота	450,00	100,0	100,0
Сахар-песок	80,00	100,0	100,0
Чеснок свежий	250,00	150,0	150,0
Цитрат кальция	160,00	1 350,0	1 235,0
Йодказеин (8 %)	6 000,00	0,4	0,4
Тмин	230,00	30,0	30,0
Перец душистый	470,00	25,0	25,0
Вода (лед)	0,1	22,0	19,3
Стоимость 1 кг фарша, руб.		338,64	306,56

Таблица 2. Требования к ингредиентному составу рецептуры (в расчете на 100 %)

Ингредиенты	Не менее, %	Не более, %
Говядина высшего сорта	8,0	–
Говядина 1-го сорта	30,0	–
Свинина полужирная	–	38
Цитрат кальция	–	1,4
Йодказеин (8 %)	0,0003	0,0005

Таблица 3. Качественные характеристики базовой и скорректированной рецептур

Показатели качества в готовом продукте	Рецептура вареной колбасы, обогащенной кальцием и йодом		
	Базовая (контроль)	Скорректированная (опыт)	Заданные требования
Влага, %	65,1	62,2	Не более 70,0
Белок, %	13,9	13,5	Не менее 12,0
Жир, %	15,65	19,2	Не более 22,0
Углеводы, %	1,8	1,9	Не более 3,0
Энергетическая ценность, Ккал/100 г	209,5	240,0	240,0–270,0
Соль поваренная, %	1,5	1,5	1,5–1,8
Нитрит натрия, %	0,002	0,002	Не более 0,003
Кальций, мг/100 г	282,9	270,0	Не менее 270,0
Фосфор, мг/100 г	186,2	187,1	Не более 250,0
Йод, мг/100 г	0,03	0,03	Не менее 0,03
Коэффициент водоудержания фарша	1,34	2,5	–
pH фарша	6,0	6,0	–

Таблица 4. Экономическая эффективность базовой и скорректированной рецептур

Показатели	Рецептура		Разница к базовой рецептуре
	Базовая (контроль)	Скорректированная (опыт)	
Стоимость фарша, руб/кг	338,64	306,56	Снизилась на 32,08 руб.
Себестоимость, руб/кг	401,31	368,91	Снизилась на 32,40 руб.
Рентабельность, %	17,8	28,14	Увеличилась на 10,34 %

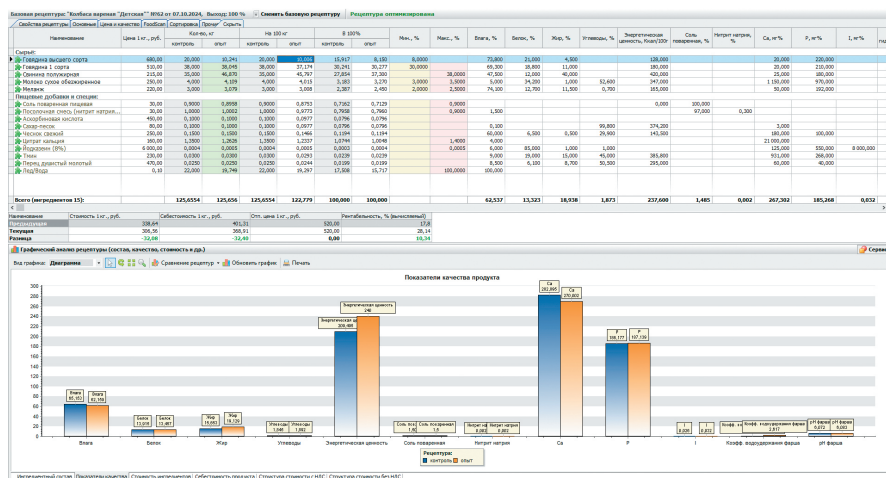


Рис. 2. Интерфейс комплекса «МультиМит Эксперт». Оптимизация рецептуры вареной колбасы, обогащенной кальцием и йодом

Скриншот интерфейса комплекса «МультиМит Эксперт», используемого для оптимизации рецептуры вареной колбасы, обогащенной кальцием и йодом, представлен на рис. 2.

На основе приведенной выше информации можно констатировать, что программный комплекс «МультиМит Эксперт» – это эффективный цифровой инструмент для решения технологических и учетных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности, позволяющий:

- автоматизировать процесс производства – от подготовки сырья до выпуска готовой продук-

ции, снижая длительность процесса принятия управленческих решений и сокращая финансовые издержки;

- рассматривать предлагаемые варианты снижения себестоимости производимой продукции, а также сокращать затраты на разработку нового ассортимента продукции;

- решать технологические и учетные задачи как при плановой работе, так и при разрешении критических ситуаций на производстве;

- повышать эффективность производства, снижать издержки и улучшать качество продукции.

Литература

- Токарев А.В. Система управления производством колбасных изделий заданного качества // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 1. – С. 63–69.
- Красуля О.Н., Николаева С.В., Краснов А.Е., Токарев А.В. Математическое моделирование рецептур и технологий производства пищевых продуктов: учебник. – СПб. : ГИОРД, 2024. – 352 с.
- Красуля О.Н., Токарев А.В., Казакова Е.В., Грикшас С.А., Пастух О.Н. Компьютерные технологии и цифровизация проектирования продуктов питания заданного качества: учебное пособие. – СПб. : ГИОРД, 2022. – 144 с.
- Токарев А.В., Красуля О.Н. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов // Вестник ВГУИТ. – 2015.
- Красуля О.Н., Кочеткова А.А., Казакова Е.В., Жукова Е.В., Грикшас С.А. Пищевые добавки и ингредиенты в мясной, молочной и рыбной промышленности: учебное пособие. – М. : Print24, 2021. – 108 с.
- Лисин П.А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности. – СПб. : Лань, 2016. – 256.
- «МультиМит Эксперт» – программный комплекс для решения технологических и учетных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности: официальный сайт. – URL: <http://www.multimeat.ru> (дата обращения: 02.10.2024).
- Красуля О.Н., Токарев А.В., Грикшас С.А., Шуваиков А.С., Пастух О.Н. Интеллектуальные экспертные системы в практике решения прикладных задач пищевого производства. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017. – 152 с.