ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.В. Токарев, канд. техн. наук, технический директор, ООО «ФудСофт», О.Н. Красуля, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», А.Е. Краснов, д-р физ.-мат. наук, проф., ФГБОУ РГСУ
DOI

В последние годы мясоперерабатывающие предприятия работают в условиях нестабильности качества и стоимости сырья, необходимости в расширении ассортимента продукции и возрастающих требований к экономической эффективности производства. В связи с этим цифровые технологии становятся не только инструментом автоматизации расчетов и производственного учета, но и средством интеллектуальной поддержки технологических решений. В статье рассмотрены современные подходы к разработке рецептур мясной продукции с использованием экспертных систем, позволяющих выявлять потенциальные технологические риски еще до проведения опытных выработок. На примере программного комплекса «МультиМит Эксперт» показаны возможности экспертного анализа и оптимизации рецептур, а также цифрового сопровождения производственных процессов.

Ключевые слова: *мясная промышленность, цифровизация, оптимизация рецептур, экспертная система, программный комплекс «МультиМит Эксперт», технологические риски, автоматизация.*

Когда технологу недостаточно профессионального опыта

Современное мясоперерабатывающее предприятие представляет собой сложную производственную систему, в которой технолог ежедневно принимает решения, непосредственно влияющие на качество продукции и экономические показатели производства. Изменение стоимости сырья, нестабильность его качества, расширение ассортимента, высокая конкуренция и постоянная необходимость снижения себестоимости существенно усложняют процесс разработки рецептур.

Еще сравнительно недавно подобные задачи решались традиционным способом: после изменения рецептуры проводилась опытная выработка, анализировались результаты и при необходимости вновь корректировался состав продукта. Такой цикл нередко повторялся несколько раз до получения требуемого результата.

Сегодня подобный подход становится все менее эффективным. Высокая стоимость сырья, ограниченное производственное время и необходимость оперативного вывода новой продукции требуют существенно сократить сроки разработки рецептур, одновременно сохранив стабильное качество готового изделия.



Современная рецептура представляет собой сложную систему взаимосвязанных компонентов. Помимо физико-химического состава (содержания белка, жира, влаги и др.), технолог должен учитывать функционально-технологические свойства сырья, стоимость ингредиентов, совместимость пищевых добавок и требования нормативной документации. Количество возможных вариантов настолько велико, что все большее значение приобретают цифровые системы поддержки принятия технологических решений.

От автоматизации расчетов к экспертному анализу

Большинство специализированных программных продуктов способны рассчитать пищевую ценность продукта, определить содержание белка, жира и влаги, вычислить себестоимость рецептуры и сформировать необходимую технологическую документацию. Однако практика показывает, что даже правильно рассчитанная рецептура далеко не всегда гарантирует получение продукции стабильного качества. Причина заключается в том, что качество мясной продукции определяется не только количественным содержанием компонентов, но и особенностями их взаимодействия.

Соответственно, следующим этапом развития специализированного программного обеспечения стало применение экспертных систем, анализирующих рецептуры с использованием накопленных технологических знаний. Такой подход реализован и в программном комплексе **«МультиМит Эксперт»**, объединяющем инструменты для разработки рецептур, экспертного анализа, оптимизации и сопровождения производственных процессов. Название комплекса отражает его ключевую особенность: система не ограничивается выполнением расчетов, а помогает технологу оценить рецептуру еще до начала производственных испытаний.

Экспертная система как инструмент поддержки технологических решений

Даже если рецептура соответствует требованиям по содержанию белка, жира и влаги и по себестоимости, это еще не означает, что она обеспечит стабильное качество продукции при промышленном производстве. Именно поэтому одной из наиболее востребованных функций современных цифровых систем становится экспертный анализ рецептур.

В программном комплексе **«МультиМит Эксперт»** экспертная система выполняет комплексный анализ рецептуры, оценивает взаимосвязь ингредиентов и их функционально-технологические свойства, контролирует соблюдение рекомендуемых норм ввода компонентов, выявляет потенциальные технологические риски и формирует рекомендации по их устранению еще до проведения опытной выработки (рис. 1).

Одной из важных функций системы являются **расчет и анализ коэффициента водоудержания фарша**, позволяющие уже на стадии проектирования рецептуры оценить вероятность возникновения технологических дефектов и своевременно скорректировать состав продукта.

Кроме того, система **определяет комплекс пищевых добавок** для устранения потенциальных проблем в рецептуре, связанных с повышенным содержанием жиросодержащего сырья, использованием мяса механической обвалки, длительно хранившегося замороженного сырья и сырья с технологическими пороками (PSE, RSE, DFD), а также другими факторами, способными отрицательно повлиять на качество готовой продукции.

При формировании рекомендаций система также учитывает фактическое наличие ингредиентов на складе и их текущую стоимость, что позволяет ей предлагать решения, максимально соответствующие реальным условиям производства.

Экспертная система не принимает решения вместо технолога, а предоставляет ему рекомендации по корректировке рецептуры, давая возможность сократить количество опытных выработок и снизить расход сырья.

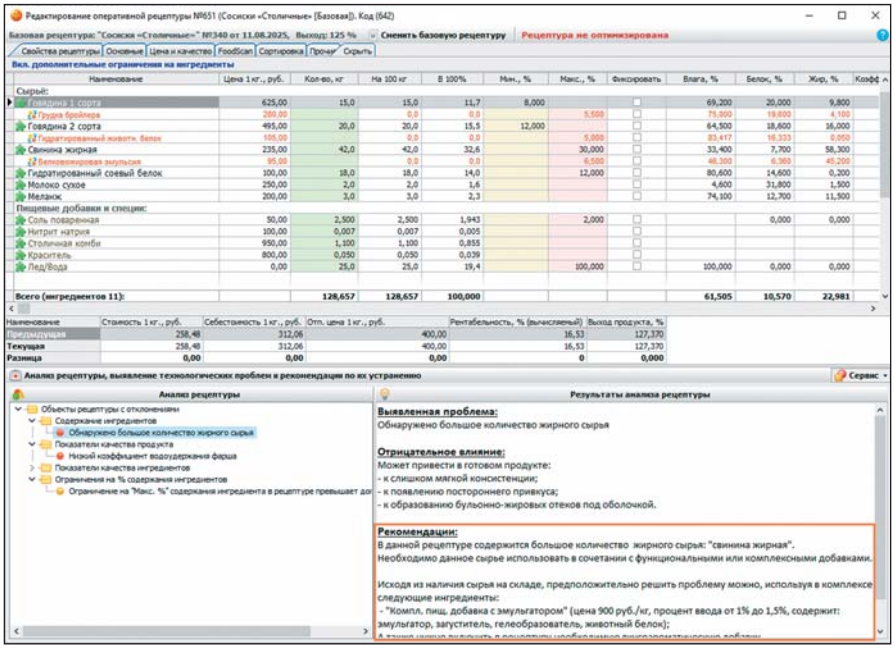


Рис. 1. Экспертный анализ рецептуры в программном комплексе «МультиМит Эксперт»

Использование фактических показателей качества сырья

Химический состав поступающего на предприятие сырья на практике нередко отличается от справочных значений, что влияет на технологические и экономические показатели производства. В связи с этим «МультиМит Эксперт» поддерживает интеграцию с различными экспресс-анализаторами химического состава сырья (в том числе «ФудСкан»), обеспечивая автоматический импорт результатов анализа. Это позволяет использовать при расчете и оптимизации рецептур фактические показатели качества сырья, повышая точность расчета рецептур и стабильность качества готовой продукции.

Практический пример оптимизации рецептуры колбасного изделия

Рассмотрим практическое применение программного комплекса **«МультиМит Эксперт»** на примере оптимизации рецептуры колбасного изделия – сосисок «Столичные» с высоким содержанием жирного сырья. Данный пример демонстрирует последовательность применения экспертного анализа и последующей оптимизации рецептуры.

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 1-го сорта	625,00	15,0	11,0
Говядина 2-го сорта	495,00	20,0	16,5
Грудка бройлера	280,00	–	7,0
Гидратированный животный белок	105,00	–	4,5
Свинина жирная	235,00	42,0	35,0
Белково-жировая эмульсия	95,00	–	8,0
Гидратированный соевый белок	100,00	18,0	13,0
Молоко сухое	250,00	2,0	2,0
Меланж	200,00	3,0	3,0
Пищевые добавки и специи (на 100 кг несоленого сырья), кг			
Соль поваренная пищевая	50,00	2,5	2,5
Нитрит натрия	100,00	0,007	0,007
Комплексная пищевая добавка (с эмульгатором)	1100,00	–	1,35
Добавка «Столичная комби»	950,00	1,1	1,1
Краситель	800,00	0,05	0,05
Вода (лед)	0,00	25,0	25,0
Стоимость 1 кг фарша, руб.		**258,48**	**243,06**

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

Ингредиенты	Количество, %	
	Не менее	Не более
Говядина 1-го сорта	8,0	–
Говядина 2-го сорта	12,0	–
Грудка бройлера	–	5,5
Свинина жирная	–	30,0
Сумма гидратированных белков (животные + растительные)	–	14,0
Белково-жировая эмульсия	–	6,5

Таблица 3. Качественные характеристики базовой и скорректированной рецептур

Показатели качества в готовом продукте	Рецептура сосисок «Столичные»		
	Базовая (контроль)	Скорректированная (опыт)	Заданные требования
Влага, %	61,1	61,5	Не более 63,0
Белок, %	10,7	10,7	Не менее 10,0
Жир, %	23,2	22,0	Не более 27,0
Соль поваренная, %	2,0	2,0	Не более 2,5
Нитрит натрия, %	0,004	0,004	Не более 0,005
Коэффициент водоудержания фарша	–0,7	4,6	Не менее 4,0
pH фарша	6,2	6,4	6,0–6,4

Таблица 4. Экономическая эффективность базовой и скорректированной рецептур

Показатели	Рецептура		Разница с базовой рецептурой
	Базовая (контроль)	Скорректированная (опыт)	
Стоимость фарша, руб/кг	258,48	243,13	Снизилась на 15,35 руб.
Себестоимость, руб/кг	312,06	296,56	Снизилась на 15,50 руб.
Рентабельность, %	16,53	22,62	Увеличилась на 6,1 %

Ингредиентный состав базовой и рассчитанной в программе оптимальной рецептуры приведен в табл. 1.

Особенностью рассматриваемой рецептуры является высокое содержание жиросодержащего сырья. Для того чтобы удержать влагу в фарше и не допустить ее выделения при термической обработке, т.е. свести к минимуму риск образования бульонно-жирового отека, необходимо использовать в рецептуре пищевые добавки, в составе которых обязательно присутствуют адаптивные ингредиенты, позволяющие свести к минимуму возникающие риски. Таким образом, использования в приведенной рецептуре только комплексной добавки «Столичная комби» или ее аналогов недостаточно для обеспечения стабильного качества готового продукта.

Экспертная система комплекса «МультиМит Эксперт» выявила в результате анализа базовой рецептуры ряд проблем (рис. 1):

1) большое количество жирного сырья;

2) низкий коэффициент водоудержания фарша (высокий риск возникновения бульонно-жирового отека);

3) превышение допустимых норм содержания отдельных ингредиентов.

В качестве решения первой проблемы, с учетом наличия ингредиентов на складе, программа рекомендовала добавить в рецептуру

комплексную пищевую добавку, указав ее состав (включая эмульгатор), а также оптимальную дозировку.

Согласно заданным условиям оптимизации, рецептура колбасного изделия должна была соответствовать следующим требованиям:

- соответствие ингредиентного состава требованиям, указанным в табл. 2;
- соответствие показателей качества готового продукта нормативным требованиям;
- обеспечение показателя pH фарша в диапазоне 6,0–6,4;
- снижение себестоимости опытного фарша в сравнении с фаршем, изготовленным по базовой рецептуре.

Для частичной замены говядины и жирной свинины были предложены мясо птицы, животный белок (говяжий) и белково-жировая эмульсия.

В табл. 3 и 4 представлены сравнительные данные о качественных характеристиках и экономической эффективности базовой и скорректированной рецептур. Применение комплекса «МультиМит Эксперт» при разработке оптимальной рецептуры сосисок «Столичные» позволило улучшить органолептические свойства продукта, снизить долю жира, достичь требуемого коэффициента водоудержания фарша и тем самым повысить структурно-механические показатели, исключив риск бульонно-жирового отека. При этом рентабельность продукта выросла на 6 %.

Полученные результаты подтверждают, что применение экспертного анализа позволяет сократить количество опытных выработок и ускорить внедрение новых рецептур в производство.

От разработки рецептуры к управлению производством

Разработка и оптимизация рецептуры являются важными этапами технологической подготовки производства, однако после утверждения рецептуры начинается не менее ответственный этап – организация выпуска продукции и оперативное управление производственными процессами. В программном комплексе «МультиМит Эксперт» эти задачи решаются с помощью модуля **«Производственное задание и учёт»**, обеспечивающего единое информационное пространство для технологической службы, производства и учетных подразделений предприятия.

На основании производственного плана или поступивших заявок система формирует производственные задания на выпуск продукции. Если для одного продукта утверждено несколько альтернативных рецептур, программа автоматически определяет наиболее целесообразную из них для выполнения конкретного производственного задания. При выборе рецептуры система анализирует фактические остатки сырья на складе, текущие цены на ингредиенты, возможность достижения требуемого объема выпуска и установленный приоритет использования каждой рецептуры. Такой подход позволяет не только обеспечить выполнение производственного задания без дефицита сырья, но и выбрать наиболее экономически эффективный вариант изготовления продукции.

ФудСофт
foodsoft.org

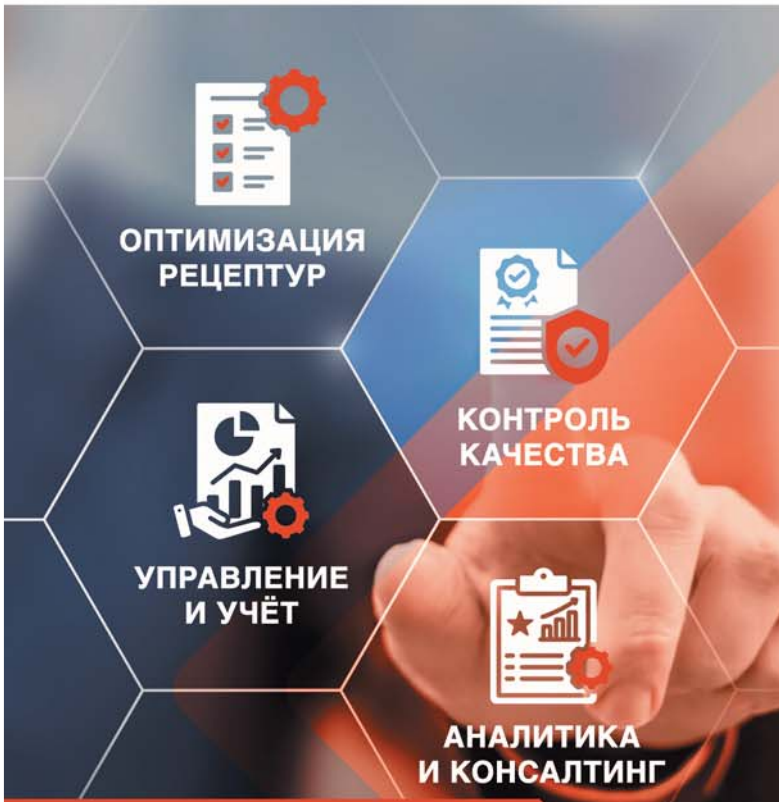
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПИЩЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

ВЕДУЩИЙ РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

№1 на рынке ПО для моделирования и оптимизации рецептур пищевых продуктов

МультиМит Эксперт – программный комплекс для эффективного решения технологических и учётных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности:

- Оптимизация и моделирование рецептур
- Автоматизация производственных процессов
- Управление, учёт и аналитика
- Убой скота
- Обвалка и жиловка мяса с/х животных и птицы
- Прогнозирование и планирование потребностей
- Интеграция с оборудованием и системами



ООО «ФудСофт», г. Воронеж
Тел.: +7 (473) 294-96-57
Моб.: +7 (915) 546-33-15
info@foodsoft.org | foodsoft.org
мультимит.рф | мультимилк.рф

АГРОПРОДМАШ-2026
Приглашаем Вас посетить наш стенд №14D225, пав. 3, зал 14

Реклама

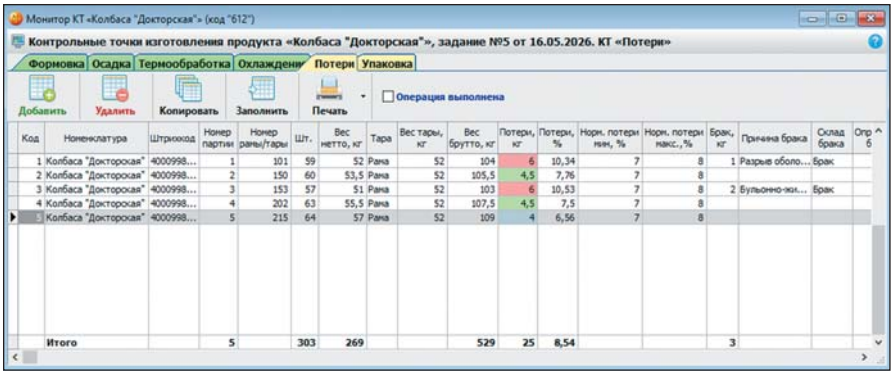


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса «МультиМит Эксперт». Монитор контрольных точек изготовления вареной колбасы «Докторская»

После выбора рецептуры автоматически формируется необходимая производственная документация, а утвержденная рецептура становится основой для расчета потребности в сырье, контроля расхода материалов и последующего производственного учета.

Функционал модуля также обеспечивает формирование производственных заданий и контроль их исполнения, выполнение план-фактного анализа, учет выпуска продукции и планирование потребности в сырье, обеспечивая оперативное доведение изменений в рецептурах до производства.

Контроль технологических операций

Даже оптимальная рецептура не гарантирует стабильного качества продукции без строгого соблюдения технологической дисциплины. Нарушение продолжительности посола, времени осадки, режимов термической обработки, охлаждения и других технологических операций может привести к снижению качества готового продукта.

Для оперативного контроля производственного процесса в программном комплексе реализован «Конфигуратор контрольных точек», позволяющий задавать контрольные точки технологического процесса производства (например, такие как формовка, осадка, термообработка, охлаждение и др.). Специальный инструмент программы – «Монитор контрольных точек» – обеспечивает их контроль в режиме реального времени, позволяя своевременно выявлять отклонения и принимать необходимые меры до того, как нарушения повлияют на качество готовой продукции (рис. 2).

Интеграция с корпоративными информационными системами

Одним из важнейших требований к современному отраслевому программному обеспечению является возможность его работы в едином информационном пространстве предприятия. Именно поэтому программный комплекс «МультиМит Эксперт» обеспечивает интеграцию с широко используемыми корпоративными информационными системами, включая **«1С: Предприятие»**, **Microsoft Dynamics AX (Axapta)** и другие решения.

Реализованные механизмы импорта и экспорта позволяют автоматически обмениваться номенклатурой сырья, складскими остатками и ценами, рецептурами, производственными заданиями и другой нормативно-справочной информацией. Это обеспечивает работу специалистов с актуальными данными, исключает повторный ввод информации и повышает согласованность работы подразделений предприятия.

Комплексная цифровизация мясоперерабатывающего предприятия

Разработка рецептур и сопровождение производства являются лишь частью задач современной цифровой системы. Для предприятий, осуществляющих первичную переработку сырья, в состав программного комплекса включены специализированные модули для автоматизации процессов убоя, обвалки и жиловки мяса сельскохозяйственных животных и птицы.

Система поддерживает различные схемы разделки в зависимости от вида животных, категории упитанности и принятой технологии переработки, обеспечивает учет выхода продукции, контроль движения сырья между производственными участками и формирование аналитической информации для оценки эффективности производства.

Заключение

Цифровизация мясоперерабатывающих предприятий сегодня уже не ограничивается автоматизацией расчетов и производственного учета. Все большее значение приобретают интеллектуальные системы, объединяющие разработку и оптимизацию рецептур, управление производством, контроль технологических процессов и поддержку принятия технологических решений в рамках единого информационного пространства предприятия.

На примере программного комплекса «МультиМит Эксперт» в статье показано, что использование современных цифровых технологий позволяет применять при разработке рецептур фактические данные о качестве сырья, выполнять их экспертный анализ и оптимизацию, сопровождать производственные процессы и осуществлять оперативный контроль ключевых технологических операций. В результате это способствует повышению точности технологических расчетов, более рациональному использованию сырья, сокращению сроков разработки новых продуктов и обеспечению стабильного качества готовой продукции.

При этом цифровые технологии не заменяют профессионального опытного технолога, а расширяют его возможности, предоставляя объективную информацию и интеллектуальные инструменты для принятия обоснованных решений. Сочетание профессиональных знаний специалистов с возможностями интеллектуального анализа и цифрового сопровождения производства создает основу для формирования современного цифрового предприятия, способного оперативно реагировать на изменения качества сырья, требований рынка и производственных условий.