

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУР И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

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»;

В.И. Карпов, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского»

DOI: 10.33465/2222-5455-2025-1-12-15

В статье представлена информация об автоматизированной гибридной экспертной системе (ЭС) «МультиМилк Эксперт», разработанной впервые в отечественной практике, имеющей государственную регистрацию и представляющей собой специализированный программный комплекс, состоящий из пяти модулей. Применение этой системы позволяет управлять качеством и контролировать процессы производства молочной продукции заданного состава и свойств.

Технологические модули комплекса содержат уникальный функционал, который дает возможность рассчитывать рецептуру продуктов заданного качества с минимальной себестоимостью, выявлять на этапе моделирования технологические проблемы и получать рекомендации для их устранения.

ПК «МультиМилк Эксперт» не имеет аналогов на рынке программного обеспечения.

В условиях усиливающейся конкуренции и сложности бизнес-процессов молочной промышленности нуждается в современных цифровых инструментах для поддержки объективности принимаемых решений при переработке молока в режиме реального времени, улучшения качества молочной продукции, снижения издержек и повышения степени удовлетворения потребительского спроса.

Однако на рынке программного обеспечения практически отсутствуют автоматизированные экспертные системы, которые позволяют моделировать и оптимизировать рецептуры молочных продуктов, управлять технологическим процессом с целью получения продуктов заданного состава и свойств, а также использовать возможности искусственного интеллекта для диагностики качества рецептур и технологий в молочной промышленности.

Нестабильность качества сырья, сложности в управлении производственными процессами, разнообразие продуктов, необходимость постоянного совершенствования рецептур продукции требуют инновационных решений для эффективного управления производством. Предприятия вынуждены расширять ассортимент продукции в ценовом сегменте от эконом до премиум-класса, чтобы не упустить потребителя своей продукции. В связи с чем ассортимент продукции может достигать нескольких сотен наименований, где каждому продукту соответствует как минимум одна рецептура.

В результате у технолога формируется обширная номенклатура рецептур, что усложняет задачу по оперативному поиску оптимальной альтернативной рецептуры с учетом остатков сырья на складе, его стоимости и рентабельности.

Однако известно, что только расширения ассортимента продукции в разной ценовой категории недостаточно

Ключевые слова: молоко, мороженое, молочные продукты, состав, свойства, экспертная система, оптимизация, моделирование, рецептура, производственный учет, программный комплекс, «МультиМилк Эксперт».

для успешной деятельности предприятия молочной промышленности. Необходимо обеспечить стабильное качество продукции, что в условиях информационной неопределенности сделать весьма непросто. Потребитель, как правило, отказывается от продукции, если хотя бы однажды она была плохого качества.

В связи с этим необходимо отметить, что спрос на продукцию зависит не только от цены, но и от ее качества, которое закладывается на этапе разработки рецептуры. Поэтому рентабельность продукции в немалой степени зависит от того, насколько оптимально подобран ингредиентный состав рецептуры. Чтобы его достичь, технолог должен решить двойственную задачу – конечный продукт, с одной стороны, должен соответствовать параметрам заданного качества, а с другой, необходимо минимизировать его стоимость.

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 поставщиков и определение оптимального направления его использования и др. Отсутствие подобного анализа на предприятии, как правило, приводит к снижению рентабельности и ухудшению имиджа предприятия.

Для эффективного решения этих задач требуется применять современные информационные технологии,

экспертные системы в виде специализированных программных комплексов, которые координируют работу всех подразделений предприятия и оптимизируют производственные процессы.

В 2023 г. впервые в отечественной практике была разработана экспертная система проектирования рецептур и управления технологическим процессом производства молочных продуктов заданного качества – программный комплекс «МультиМилк Эксперт». В настоящее время это единственная система, которая позволяет одновременно решать широкий спектр технологических и учетных задач на предприятиях молочной промышленности. Создателем является компания «ФудСофт», занимающаяся разработкой 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, управления и автоматизации пищевых предприятий.

ПК «МультиМилк Эксперт» имеет модульное строение и гибкую систему конфигурирования, что позволяет адаптировать интерфейс и структуру ЭС с учетом конкретных задач и проблем на предприятии. Функционал системы обеспечивает широкую интеграцию со многими существующими на рынке программами (в том числе с системой программ «1С: Предприятие»).

Рассмотрим основной функционал модулей программного комплекса «МультиМилк Эксперт».

Программный модуль «Базовый» решает задачи производства, связанные с качеством и ценой продукта; предоставляет удобный и эффективный инструмент для работы с рецептурами молочных продуктов с множеством различных функций; производит расчет показателей качества продукта (в том числе содержание белка, жира, влаги, СОМО, сухого вещества, энергетической ценности и проч.); выполняет аналитику рецептур и расчет стоимостных показателей готовой продукции (в том числе себестоимость, рентабельность, цену реализации); осуществляет складской учет; определяет количество воды на гидратацию рецептурных ингредиентов; позволяет создавать технологические карты; выполняет штрихкодирование сырья/продукции.

Программный модуль «Оптимизация и моделирование рецептур» позволяет осуществлять оптимизацию и моделирование рецептур всех видов молочных продуктов (в том числе сыров) с заданным составом и свойствами в условиях информационной неопределенности (нестабильное качество сырьевых и рецептурных ингредиентов, колебание спроса и предложения и др.). Применение этого программного модуля позволяет снизить себестоимость продукции минимум на 10 % при сохранении показателей заданного качества.

Программный модуль «Экспертная система диагностики и анализа качества рецептур» служит для диагностики и анализа рецептуры молочного продукта, выявляет технологические проблемы и предлагает технологические варианты их решения. При анализе рецептуры учитываются физико-химические, функционально-технологические и структурно-механические свойства сырья и ре-

Таблица 1. Эталонная и оптимизированная рецептуры «Мороженое сливочное»

Ингредиенты	Цена 1 кг, руб.	Рецептура (на 1000 кг)	
		Эталонная	Оптимизированная
Молоко м.д.ж. 3,2 %	45,00	500,0	449,7
Сливки м.д.ж. 40 %	390,00	180,0	–
Масло сливочное несоленое м.д.ж. 72,5 %	500,00	–	117,6
Сухое цельное молоко м.д.ж. 25 %	370,00	48,1	–
Сухое обезжиренное молоко м.д.ж. 0,5 %	230,00	19,6	59,9
Сахар-песок	65,00	140,0	155,2
Крахмал картофельный желирующий	90,00	10,0	–
Казеинат натрия	1250,00	5,0	4,5
Стабилизатор-эмульгатор	700,00	–	3,0
Ванилин	5000,00	0,1	0,1
Вода питьевая	2,00	97,2	210,0

цептурных ингредиентов. На основе этого модуля выполняется уникальная операция по определению оптимального набора пищевых добавок, которые выполняют корректирующие функции качества и применяются для устранения потенциальных проблем, приводящих к возникновению технологического брака. Анализ выполняется с учетом имеющегося в наличии на складе сырья и ингредиентов, их свойств и цены.

Программный модуль «Производственное задание и учет» позволяет организовать единое информационное пространство для управления различными аспектами учетной деятельности на предприятиях молочной промышленности, в том числе формировать ежедневное производственное задание, планировать и выпускать продукцию по альтернативным рецептурам, осуществлять мониторинг контрольных точек производства, выполнять план-фактный анализ деятельности производства, вести учет и контроль качества выпускаемой продукции, планировать закупку сырья и ингредиентов.

Программный модуль «Интеграция с экспресс-анализатором химического состава сырья». Функционал данного модуля позволяет импортировать результаты анализа химического состава сырья, полученные с помощью анализатора (например, «ФудСкан»). Это дает возможность в режиме реального времени автоматизированно получать данные о фактическом качестве сырья, поступающего на предприятие, и использовать их в программе для более точных расчетов, оптимизации и моделирования рецептур.

Таблица 2. Требования к рецептурному составу мороженого (в расчете на 100 %)

№ п/п	Рецептурные ингредиенты (РИ)	Требования к содержанию, %	
		Мин.	Макс.
1	Молоко м.д.ж. 3,2 %	35	55
2	Сливки м.д.ж. 40 %	–	22
3	Масло сливочное м.д.ж. 72,5 %	–	12
4	Сухое цельное молоко (содержание жира 25 %)	–	8
5	Сухое обезжиренное молоко (содержание жира 0,5 %)	–	6
6	Сахар-песок	–	16
7	Крахмал картофельный желирующий	–	1,0
8	Казеинат натрия	–	0,5
9	Стабилизатор-эмульгатор	–	0,5
10	Ванилин	0,01	–
11	Вода питьевая	–	100

Сервисное обслуживание ПК «МультиМилк Эксперт» включает в себя следующие услуги:

- Установка программы.
- Обучение персонала.
- Обновление новыми версиями.
- Интеграция с программным обеспечением заказчика.
- Интеграция с экспресс-анализатором химического состава сырья (в том числе с «ФудСкан»).
- Интеграция с технологическим оборудованием (весы, сканеры штрихкода и др).
- Адаптация программы в соответствии с пожеланиями заказчика.
- Обеспечение методической литературой.
- Сопровождение, оперативная поддержка 24/7.

Обширный функционал программного комплекса позволяет использовать его практически во всех циклах работы молокоперерабатывающего предприятия.

Рассмотрим эффективность применения предложенной информационной технологии и математических моделей на примере расчета оптимальной альтернативы базовой рецептуры «Мороженое сливочное», ГОСТ 31457-2012.

Расчет выполнен с помощью программного комплекса «МультиМилк Эксперт», в котором реализованы методологические подходы, изложенные выше.

Для оптимизации рецептурного состава молочного продукта в качестве эталонной была выбрана рецептура «Мороженое сливочное», которая была описана в опубликованных ранее исследованиях. Состав нормативной (эталонной) и рассчитанной в программе оптимальной рецептуры приведен в табл. 1.

Согласно заданным условиям оптимизации рецептура мороженого должна была соответствовать следующим требованиям:

- сырьевая стоимость не должна превышать 115 руб/кг;
- состав ингредиентов рецептуры должен соответствовать требованиям, приведенным в табл. 2;
- по органолептическим и физико-химическим показателям готовый продукт должен соответствовать нормативным требованиям согласно ГОСТ 31457-2012 «Мороженое сливочное».

На основании данных о наличии сырья на складе, указанных в программе, экспертная система «МультиМилк Эксперт» предложила заменить ингредиент «Сливки м. д. ж. 40 %», с учетом цены и качества, на несоленое сливочное масло с жирностью 72,5 %. Также было рекомендовано включить в рецептуру стабилизатор-эмульгатор.

В качестве критериев оптимизации рецептуры «Мороженое сливочное» были выбраны минимальная себестоимость и максимальная биологическая ценность. В табл. 3 и 4 представлены результаты сравнения экономических и качественных показателей эталонной и оптимизированной рецептур, подтверждающие эффективность использования ЭС «МультиМилк Эксперт» в практике молокоперерабатывающего предприятия.

Скриншот графического анализа рецептуры до (контроль) и после (опыт) оптимизации с применением ЭС «МультиМилк Эксперт» представлен на рисунке.

Таблица 3. Результаты сравнения показателей качества эталонной и оптимизированной рецептур молочного продукта «Мороженое сливочное»

Показатель	Рецептура продукта «Мороженое сливочное»		
	Эталонная	Оптимизированная	Нормативные требования
Влага, %	64,3	64,0	Не более 64,0
Белок, %	4,2	4,0	–
Жир, %	10,0	10,0	Не менее 10,0
Углеводы, %	20,4	20,8	–
СОМО, %	10,8	10,2	Не менее 10,0
Сухих веществ, %	35,7	36,0	Не менее 32,0
Сахароза, %	14,0	15,5	Не менее 14,0
Энергетическая ценность, ккал/100 г	191,6	189,8	–

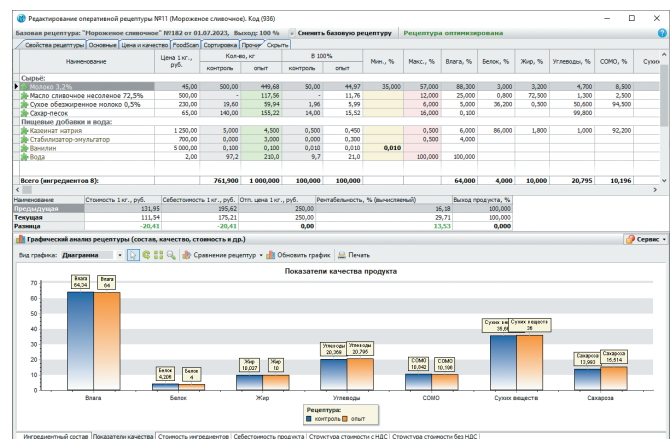
Таблица 4. Результаты сравнения показателей экономической эффективности эталонной и оптимизированной рецептур молочного продукта «Мороженое сливочное»

Показатель	Рецептура «Мороженое сливочное»	
	Эталонная	Оптимизированная
Сырьевая стоимость, руб/кг	131,95	111,54
Себестоимость, руб/кг	195,62	175,21
Рентабельность, %	16,18	29,71

Таким образом, полученные результаты оптимизации рецептурного состава «Мороженое сливочное» свидетельствуют о высокой технологической и экономической эффективности разработанной ЭС как инструмента принятия объективного управленческого решения при моделировании рецептур молочных продуктов в условиях реального времени современного производства.


На основе приведенной выше информации можно сделать следующие выводы:

- Программный комплекс «МультиМилк Эксперт» – это передовой цифровой инструмент для эффективного решения технологических и учетных задач на предприятиях молочной, а также мясной и рыбной промышленности. Содержит уникальные программные модули для оптимизации и моделирования рецептур, функциональные возможности которых не имеют аналогов в отечественной и зарубежной практике.



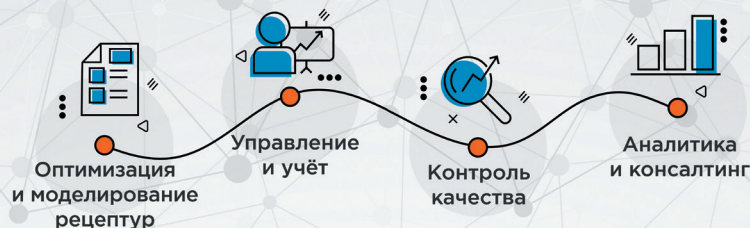
Графический анализ рецептуры до (контроль) и после (опыт) оптимизации с применением ЭС «МультиМилк Эксперт»

- ЭС «МультиМилк Эксперт» позволяет автоматизировать процесс производства от подготовки сырья до выпуска готовой продукции, снижая длительность процесса принятия управленческого решения и сокращая финансовые издержки.
- ЭС «МультиМилк Эксперт» предлагает варианты снижения себестоимости производимой продукции, а также сокращает затраты на разработку нового ассортимента продукции.
- ЭС «МультиМилк Эксперт» служит надежным инструментом для решения технологических и учетных задач как при плановой работе, так и при разрешении критических ситуаций на производстве.

Применение программного комплекса «МультиМилк Эксперт» позволяет предприятиям молочной промышленности повысить эффективность своего производства, снизить издержки и улучшить качество продукции. Эта инновационная экспертная система становится незаменимым инструментом для предприятий молочной промышленности, которые стремятся к устойчивому развитию и укреплению своих позиций на рынке. 

Литература:

1. «МультиМилк Эксперт» – программный комплекс для решения технологических и учетных задач на предприятиях молочной промышленности: официальный сайт – URL: <http://www.multi-milk.ru> (дата обращения: 05.08.2024).
2. Математическое моделирование рецептур и технологий производства пищевых продуктов: учебник / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.Е. Краснов, А.В. Токарев [и др.] – СПб : ГИОРД, 2024. – 352 с.
3. «МультиМилк Эксперт» – автоматизированная гибридная экспертная система управления технологическим процессом производства молочных изделий заданного качества / О.Н. Красуля, Е.В. Казакова, А.В. Токарев, Н.А. Тихомирова. – Переработка молока. – 2024. – № 6. – С. 48–51.
4. Компьютерные технологии и цифровизация проектирования продуктов питания заданного качества: учебное пособие / О.Н. Красуля, А.В. Токарев, Казакова Е.В. [и др.] – СПб. : ГИОРД, 2022. – 144 с.
5. Пищевые добавки и ингредиенты в мясной, молочной и рыбной промышленности: Учебное пособие / О.Н. Красуля, А.А. Кочеткова, Е.В. Казакова [и др.] – М.: Print24, 2021. – 108 с.
6. Токарев А.В. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов / А.В. Токарев, О.Н. Красуля // Вестник ВГУИТ, 2015. – № 4. – С. 66–71.
7. Лисин П.А. Компьютерное моделирование производственных процессов в пищевой промышленности / П.А. Лисин – СПб.: Лань, 2016. – 256 с.
8. Мусина О.Н. Компьютерное проектирование рецептур: практикум /О.Н. Мусина. – Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 79 с.
9. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства. Теория и практика: учебное пособие / О.Н. Красуля, С.В. Николаева, А.В. Токарев [и др.] – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2015. – 320 с.
10. Тихомирова Н.А. Мороженое и замороженные десерты с функциональными свойствами / Н.А. Тихомирова // Мир мороженого и замороженных продуктов – 2018. – № 3. – С. 14.
11. Indicators of quality of canned milk: Russian and international priorities / A.N. Petrov, A.G. Galstyan, I.A. Radaeva [et al.] //Foods and Raw Materials – 2017. – № 2 – P.151–161.



- Ведущий российский разработчик специализированного программного обеспечения для решения технологических и учётных задач на предприятиях пищевой промышленности
- №1 на рынке программного обеспечения для моделирования и оптимизации рецептур молочных, мясных и рыбных продуктов заданного качества
- Консалтинговые услуги в сфере пищевого производства, включая практическую поддержку специалистов в вопросах проектирования рецептур и организации производственного учёта. В компании имеется собственная научно-исследовательская группа, в которую входят ведущие учёные и эксперты в области моделирования рецептур пищевых продуктов и автоматизации предприятий пищевой промышленности

МультиМилк Эксперт – программный комплекс для решения технологических и учётных задач на предприятиях молочной промышленности

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

- Оптимизация и моделирование рецептур
- Экспертная система диагностики и анализа качества рецептур
- Управление, учёт, аналитика
- Мониторинг контрольных точек производства
- Интеграция с анализатором состава сырья
- Интеграция с технологическим оборудованием и ПО заказчика
- Убой скота
- Обвалка и жиловка мяса с/х животных и птицы

Регистра



21-23 января 2025 г.
МВЦ «Крокус Экспо»,
павильон 3, зал 14,
стенд **№ A1085**

Будем рады видеть Вас на нашем стенде!



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