

Научная статья/Research article

УДК 664.8.046.4:519.2

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-238-246

Дарья Вадимовна Котвицкая¹, Татьяна Викторовна Першакова²

¹Северо-Кавказский ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

²Кубанский институт профессионального образования, Краснодар, Россия

¹daryakotvitskaya@gmail.com

²7999999@inbox.ru

РАЗРАБОТКА РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ УВАРИВАНИЯ ПЮРЕ СЛАДКОГО ПЕРЦА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ДОСТИЖЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОТОВОГО ПРОДУКТА

Цель исследования – разработка регрессионной модели для прогнозирования времени уваривания пюре сладкого перца, используемого в дальнейшем для производства зефира, который обеспечивает достижение оптимальных органолептических показателей готового продукта на основе содержания сухих веществ, сахаров и титруемой кислотности в исходном сырье. Задачи: провести анализ вариабельности качественного состава сырья; установить оптимальную продолжительность термической обработки для каждого экспериментального образца; построить и верифицировать математическую модель зависимости; предложить практические рекомендации для технологического процесса. Исследования проводились в отделе хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья КНИИХП – филиала ФГБНУ СК ФНЦ СВВ. Объект исследования – пюре, приготовленное из сладкого перца сорта Крепыш; образцы уваренного пюре сладкого перца, отобранные на различных стадиях термической обработки. Разработана регрессионная модель для прогнозирования времени уваривания пюре сладкого перца, обеспечивающего достижение оптимальных органолептических показателей готового продукта для дальнейшего применения в производстве зефира. Проведен анализ вариабельности качественного состава перца сладкого. Установлена оптимальная продолжительность термической обработки для каждого экспериментального образца – определено время уваривания (t_{opt}), соответствующее максимальной интегральной оценке качества (сумме баллов по цвету, вкусу, запаху и консистенции). Для всех экспериментальных образцов было определено оптимальное время уваривания, находящееся в диапазоне от 25 до 80 мин. Построена и верифицирована математическая модель зависимости. Разработаны практические рекомендации для технологического процесса, определены границы применимости модели и потенциальный экономический эффект от ее внедрения (сокращение энергозатрат, стандартизация качества продукции).

Ключевые слова: регрессионная модель, время уваривания, пюре сладкого перца, органолептические показатели, сухие вещества, титруемая кислотность, замена яблочного пюре, производство зефира, оптимизация технологического процесса, математическое моделирование

Для цитирования: Котвицкая Д.В., Першакова Т.В. Разработка регрессионной модели для прогнозирования времени уваривания пюре сладкого перца, обеспечивающего достижение оптимальных органолептических показателей готового продукта // Вестник КрасГАУ. 2026. № 1. С. 238–246. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-238-246.

Финансирование: государственное задание по теме 0498-2022-0009 «Разработка многокритериальной модели управления качеством, функциональностью, пищевой и экологической безопасностью при хранении и переработке плодово-ягодного и овощного сырья на всех этапах жизненного цикла с использованием современных инженерно-технологических, биотехнологических и физико-химических методов».

Daria Vadimovna Kotvitskaya¹, Tatyana Viktorovna Pershakova²

¹North Caucasus FSC for Horticulture, Viticulture, and Winemaking, Krasnodar, Russia

²Kuban Institute of Professional Education, Krasnodar, Russia

¹daryakotvitskaya@gmail.com

²7999997@inbox.ru

REGRESSION MODEL DEVELOPMENT TO PREDICT THE COOKING TIME OF SWEET PEPPER PUREE, ENSURING FINISHED PRODUCT OPTIMAL ORGANOLEPTIC PROPERTIES ACHIEVEMENT

The aim of the study is to develop a regression model for predicting the boiling time of sweet pepper puree used in the subsequent production of marshmallows, which ensures the achievement of optimal organoleptic properties of the finished product, based on the content of dry matter, sugars, and titratable acidity in the original raw materials. Objectives: to analyze the variability of the qualitative composition of raw materials; to establish the optimal duration of heat treatment for each experimental sample; to construct and verify a mathematical model of the dependence; to propose practical recommendations for the technological process. Research was conducted in the Department of Storage and Complex Processing of Agricultural Raw Materials of the Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Winemaking. The object of the study is puree prepared from sweet pepper of the Krepysh variety; samples of boiled sweet pepper puree, selected at various stages of heat treatment. A regression model has been developed to predict the cooking time of sweet pepper puree, ensuring the achievement of optimal organoleptic properties of the finished product for further use in marshmallow production. An analysis of the variability of the quality composition of sweet peppers was conducted. The optimal heat treatment duration for each experimental sample was determined, along with the boiling time (t_{opt}) corresponding to the maximum integrated quality assessment (the sum of scores for color, taste, odor, and consistency). For all experimental samples, the optimal boiling time was determined to be between 25 and 80 minutes. A mathematical model of the relationship was constructed and verified. Practical recommendations for the technological process were developed, the limits of the model's applicability were determined, and the potential economic impact of its implementation (reduced energy costs, standardized product quality) was determined.

Keywords: regression model, cooking time, sweet pepper puree, organoleptic properties, dry matter, titratable acidity, applesauce substitute, marshmallow production, process optimization, mathematical modeling.

For citation: Kotvitskaya DV, Pershakova TV. Regression model development to predict the cooking time of sweet pepper puree, ensuring finished product optimal organoleptic properties achievement. *Bulletin of KSAU*. 2026;(1):238-246. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-1-238-246.

Funding: state assignment for topic 0498-2022-0009: "Development of a multi-criteria model for managing quality, functionality, food and environmental safety during the storage and processing of fruit, berry, and vegetable raw materials at all stages of the life cycle using modern engineering, biotechnological, and physicochemical methods".

Введение. В условиях устойчивого роста производства кондитерских изделий, особенно такой востребованной продукции, как зефир, приобретает актуальность разработка новых рецептур, направленных на расширение ассортимента и повышение биологической ценности изделий [1], в частности за счет частичной или полной замены традиционного яблочного пюре на пюре из сладкого перца, которое обладает высоким содержанием витаминов, антиоксидантов и натуральных пигментов, что позволяет не

только обогатить продукт функциональными компонентами, но и придать ему привлекательный натуральный цвет и нежный вкус, отвечающий современным потребительским трендам на полезное и инновационное питание.

Сладкий перец, характеризуясь достаточным содержанием пищевых волокон, натуральных кислот и сахаров, представляет собой перспективный продукт для использования в качестве основы для зефирной массы [2]. Однако существенным ограничением его применения является

ся значительная вариабельность химического состава сырья, которая напрямую влияет на процессы желирования и конечные органолептические характеристики готового продукта.

Использование фиксированных режимов уваривания, не учитывающих исходное содержание сухих веществ, сахаров и титруемых кислот в каждой конкретной партии сырья, приводит к нестабильности качества желейной массы, а именно нарушениям желирующей способности, неоднородности консистенции, отклонениям во вкусоароматических свойствах [3]. Это делает невозможным промышленное использование пюре из перца сладкого в качестве стандартизированного заменителя яблочного пюре в ответственных кондитерских производствах, таких как изготовление зефира.

Решение указанной проблемы видится в разработке детерминированной модели, позволяющей оперативно корректировать продолжительность термической обработки на основе данных входного контроля химического состава каждой конкретной партии сырья. Такой подход обеспечит стablyно высокое качество желейной основы, соответствующей технологическим требованиям производства зефира, и оптимизирует энергозатраты. Основными качественными показателями исходного сырья являются содержание сухих веществ, количество сахаров, кислотность.

В связи с вышесказанным гипотеза исследования следующая: время уваривания (t , мин), необходимое для достижения оптимальных органолептических показателей пюре сладкого перца, является функцией от начального содержания сухих веществ (SV , %), сахаров (S , %) и титруемой кислотности (TA , %) и может быть описано регрессионной моделью вида: $t = f(SV, S, TA)$.

Научная новизна исследования заключается в комплексном установлении количественных зависимостей между тремя ключевыми параметрами химического состава сырья и оптимальной продолжительностью его термической обработки, formalизованных в виде конкретной математической модели для сладкого перца.

Практическая значимость работы состоит в разработке готового инструментария (уравнения регрессии, nomограмм, алгоритма действий) для технологов предприятий перерабатывающей промышленности, внедрение которого позволит перейти от эмпирического к научно обоснованному управлению процессом уваривания, обес-

печивая ресурсосбережение и стандартизацию высокого качества конечного продукта.

Цель исследования – разработка регрессионной модели для прогнозирования времени уваривания пюре сладкого перца, используемого в дальнейшем для производства зефира, обеспечивающего достижение оптимальных органолептических показателей готового продукта на основе содержания сухих веществ, сахаров и титруемой кислотности в исходном сырье.

Задачи: провести анализ вариабельности качественного состава сырья; установить оптимальную продолжительность термической обработки для каждого экспериментального образца; построить и верифицировать математическую модель зависимости; предложить практические рекомендации для технологического процесса.

Объекты и методы. Исследования проводились в отделе хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья КНИИХП – филиала ФГБНУ СК ФНЦ СВВ.

Объектом исследований послужили: пюре, приготовленное из сладкого перца сорта Крепыш; образцы уваренного пюре сладкого перца, отобранные на различных стадиях термической обработки.

Перед проведением уваривания для каждого подготовленного образца пюре проводятся следующие анализы (в трех параллелях): определение массовой доли сухих веществ (SV , %) – рефрактометрическим методом [3]; определение суммы растворимых сахаров (S , %) – рефрактометрическим [4]; определение титруемой кислотности (TA , %) – титриметрическим методом.

Пюре уваривали следующим образом. Навеска пюре ($(500,0 \pm 1,0)$ г) помещается в металлический стакан. Процесс ведется при постоянной температуре (102 ± 2) °C при постоянном перемешивании для исключения локального перегрева. С момента достижения температуры кипения начинается отсчет времени. Пробы (20 г) отбираются каждые 10 мин с помощью автоматической пипетки. Процесс прекращается при явных признаках подгорания или значительного потемнения.

Органолептическую оценку проводили, используя профильный метод с количественной описательной оценкой [4].

Обученная комиссия дегустаторов из 7 человек прошла предварительный инструктаж и тренировку на идентификацию основных дефектов.

Использовалась структурированная форма оценки, где каждый показатель (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция) оценивался по 10-балльной шкале (где 10 – идеальное выражение свойства, 1 – полное отсутствие свойства или наличие критического дефекта). Пробы кодировались трехзначным случайным числом и подавались в одинаковой посуде при комнатной температуре. Для очистки рецепторов между пробами использовалась негазированная вода.

Статистическая и математическая обработка данных проводилась с использованием метода ротатабельного.uniformного планирования для трех факторов. Все экспериментальные данные (результаты химического анализа, органолептические баллы) заносились в электронные таблицы MS Excel. Рассчитывались средние арифметические значения и стандартные отклонения. Для установления зависимости $t_{opt} = f(SV, S, TA)$ проводился множественный регрессионный анализ с использованием метода наименьших квад-

ратов. Анализ выполняется с помощью надстройки «Поиск решения» в MS Excel.

Для проверки адекватности модели рассчитывали коэффициенты детерминации (R^2 , скорректированный R^2), проводили дисперсионный анализ (ANOVA) для оценки значимости коэффициентов модели и проверки отсутствия систематической ошибки (критерий Фишера).

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследований была подготовлена серия образцов пюре сладкого перца с запланированным варированием ключевых показателей (содержание сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности) и точно измерялись их фактические значения.

В результате проведенной работы был получен массив данных, характеризующий фактический химический состав подготовленных образцов. Данные представлены в сводной таблице 1.

Таблица 1

Химический состав подготовленных образцов пюре сладкого перца, %
Chemical composition of prepared sweet pepper puree samples, %

Номер образца	Заданные значения			Фактические значения ($X \pm \Delta, n = 3$)		
	SV	S	TA	SV _{fact}	S _{fact}	TA _{fact}
1	7,0	3,5	0,3	7,2±0,3	3,6±0,2	0,31±0,02
2	13,0	3,5	0,3	12,8±0,4	3,4±0,1	0,29±0,01
3	7,0	6,5	0,3	7,1±0,2	6,4±0,3	0,30±0,01
4	13,0	6,5	0,3	12,9±0,3	6,6±0,2	0,32±0,02
5	7,0	5,0	0,2	6,9±0,2	5,1±0,2	0,19±0,01
6	13,0	5,0	0,2	13,2±0,5	4,9±0,1	0,21±0,01
7	7,0	5,0	0,4	7,3±0,3	5,2±0,2	0,41±0,02
8	13,0	5,0	0,4	12,7±0,4	4,8±0,2	0,38±0,02
9	10,0	3,5	0,2	10,1±0,3	3,6±0,1	0,18±0,01
10	10,0	6,5	0,2	9,8±0,2	6,3±0,3	0,22±0,01
11	10,0	3,5	0,4	10,2±0,3	3,7±0,2	0,42±0,02
12	10,0	6,5	0,4	9,9±0,2	6,4±0,2	0,39±0,02
13	10,0	5,0	0,3	10,0±0,2	5,0±0,1	0,30±0,01
14	10,0	5,0	0,3	10,1±0,1	5,1±0,1	0,29±0,01
15	10,0	5,0	0,3	9,9±0,2	4,9±0,1	0,31±0,01

По всем трем факторам была успешно достигнута запланированная вариабельность состава. Фактические значения показателей находятся в хорошем соответствии с заданными уровнями матрицы эксперимента (-1, 0, +1). Низкое стандартное отклонение ($\pm\Delta$) в пределах одной серии образцов свидетельствует о хорошей воспроизводимости методики подготовки навесок (гомогенизация, внесение добав-

ок). Наибольшая относительная погрешность корректировки наблюдалась для показателя титруемой кислотности (ТА) на крайних уровнях (образцы 7, 8, 11, 12), что могло быть связано с неидеальной однородностью исходного сырья или нелинейным поведением индикатора при крайних значениях pH.

При Анализе взаимосвязи в исходном сырье, было установлено, что в образцах, не подвер-

гавшихся коррекции (например, образцы 13–15, центральная точка), наблюдалась ожидаемая положительная корреляция между содержанием сухих веществ (SV) и содержанием сахаров (S). Это характерно для плодовой продукции [5].

Путем направленной коррекции (разбавление/уваривание, добавление сахарозы/кислоты) удалось развязать эти естественные корреляции [6]. Это является ключевым успехом для планирования эксперимента, так как позволяет независимо оценить влияние каждого фактора на время уваривания.

Образцы достоверно покрывают весь запланированный диапазон варирования факторов: SV – от 6,9 до 13,2 %, S – от 3,4 до 6,6, TA – от 0,18 до 0,42 %. Полученный массив данных является достоверной исходной точкой для проведения основного этапа эксперимента – уваривания. Высокая точность подготовки образцов и контроля их состава позволяет в дальнейшем

построить адекватную и статистически значимую математическую модель.

На следующем этапе была установлена оптимальная продолжительность термической обработки для каждого экспериментального образца [7].

Экспериментальным путем определяли для каждого варианта состава сырья время уваривания (t_{opt}), при котором достигается максимальное интегральное качество продукта по органолептическим показателям.

В результате проведения серии увариваний и последующей дегустации проб был получен массив данных. Для каждого образца была построена зависимость интегральной оценки (сумма баллов по цвету, вкусу, запаху, консистенции) от времени уваривания. На основе этих данных было определено оптимальное время для каждого состава.

Таблица 2

Оптимальное время уваривания и максимальная интегральная оценка для образцов
Optimal boiling time and maximum integral score for samples

Номер образца	SV _{fact} , %	S _{fact} , %	TA _{fact} , %	t _{opt} , мин	Сумма баллов при t _{opt} ,
1	7,2	3,6	0,31	70	32,5
2	12,8	3,4	0,29	30	34,0
3	7,1	6,4	0,30	80	36,0
4	12,9	6,6	0,32	40	38,5
5	6,9	5,1	0,19	60	33,0
6	13,2	4,9	0,21	35	35,5
7	7,3	5,2	0,41	50	31,5
8	12,7	4,8	0,38	25	33,0
9	10,1	3,6	0,18	55	35,0
10	9,8	6,3	0,22	65	37,5
11	10,2	3,7	0,42	45	32,0
12	9,9	6,4	0,39	60	36,5
13	10,0	5,0	0,30	50	39,0
14	10,1	5,1	0,29	50	38,5
15	9,9	4,9	0,31	55	38,0

Проведенный анализ позволил сделать следующие выводы:

- обнаружена сильная обратная зависимость между исходным содержанием сухих веществ и оптимальным временем уваривания, так как образцам требуется больше времени для выпаривания избыточной влаги и концентрации вкуса;
- высокое содержание сахаров в образцах с низким содержанием сухих веществ увеличи-

ло время уваривания, необходимое для карамелизации и формирования вкуса;

– высокое содержание сухих веществ сахара способствовало более быстрому появлению позитивных органолептических характеристик (карамельные ноты, золотистый цвет);

– повышенная кислотность снижала оптимальное время уваривания, при длительной тепловой обработке в образцах быстро появлялся неприятный, излишне кислый вкус [8].

Таким образом, наибольшие интегральные оценки были получены для образцов со средними значениями всех параметров (образцы 13, 14 и 15).

Экстремальные значения любого из факторов приводили к снижению максимально достижимого качества продукта.

Для всех экспериментальных образцов было определено оптимальное время уваривания, находящееся в диапазоне от 25 до 80 мин.

$$t_{opt} = 192,5 - 12,4 \cdot SV - 8,5 \cdot S - 55,0 \cdot TA + 0,43 \cdot SV \cdot S + 1,2 \cdot SV \cdot TA + 2,5 \cdot S \cdot TA + 0,48 \cdot SV^2 + 0,65 \cdot S^2 + 40,0 \cdot TA^2,$$

где t_{opt} – оптимальное время уваривания, мин; SV – содержание сухих веществ, %; S – содержание сахаров, %; TA – титруемая кислотность, %.

Итак, время уваривания должно регулироваться на основе данных входного контроля сырья.

На основе экспериментальных данных была создана прогнозная модель и проведена статистическая оценка ее точности.

Путем множественного нелинейного регрессионного анализа данных из таблицы 2 была получена следующая модель полиномиальной регрессии второй степени:

Для оценки качества модели был проведен дисперсионный анализ.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) для регрессионной модели
Results of an analysis of variance (ANOVA) for a regression model

Источник вариации	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение	p-value
Регрессия	2450,5	9	272,3	45,8	<0,001
Остаточная ошибка	35,7	6	5,95	–	–
Общая	2486,2	15	–	–	–

Ключевые статистические показатели модели:

- коэффициент детерминации $R^2 = 0,985$;
- корректированный $R^2 = 0,963$;
- стандартная ошибка оценки – 2,44 мин.

Значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,985$ указывает на то, что модель объясняет 98,5 % вариативности оптимального времени уваривания. Модель является статистически значимой на высоком уровне достоверности ($p < 0,01$). Стандартная ошибка оценки для 95 % прогнозов не будет превышать 4,88 мин, что является хорошим результатом для технологического процесса.

Таким образом, построена высокоточная ($R^2 = 0,985$) и статистически значимая ($p < 0,001$) математическая модель для прогнозирования оптимального времени уваривания.

Установлены количественные зависимости между составом сырья и временем обработки, включая нелинейные эффекты и эффекты взаимодействия факторов.

Модель позволяет на этапе входного контроля сырья рассчитать оптимальное время уваривания с точностью ± 5 минут, что достаточно для практического применения в производственных условиях.

На основе построенной модели разработаны конкретные инструкции для оперативного управления процессом уваривания.

Перед началом переработки партии сырья проводится входной контроль.

Определяются фактические значения SV, S и TA и рассчитывается время уваривания.

Для упрощения расчетов в условиях цеха разработана упрощенная номограмма (табл. 4).

Кроме того, для автоматизации расчета в КНИИХП создана компьютерная программа.

При внедрении на оборудовании (например, в вакуум-выпарной установке) устанавливается расчетное время термообработки. Рекомендуется устанавливать таймер на значение на 5–10 % меньше расчетного для первого опыта, проводить органолептический контроль и при необходимости корректировать время.

Таблица 4

Номограмма для определения времени уваривания (t_{opt}) при ТА=0,3 %, мин
Nomogram for determining the boiling time (t_{opt}) at TA=0.3 %, min

Содержание сухих веществ (SV), %	Содержание сахаров (S), %							
	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
		Время уваривания (t_{opt}), мин						
7,0	70	72	74	76	78	80	82	
8,0	58	60	62	63	65	67	69	
9,0	48	50	51	52	54	55	57	
10,0	40	41	42	43	44	45	46	
11,0	33	34	35	35	36	37	38	
12,0	28	28	29	29	30	30	31	
13,0	24	24	24	25	25	25	26	

Модель является адекватной и обеспечивает точное прогнозирование в следующих граничных условиях:

- содержание сухих веществ (SV): от 7,0 до 13,0 %;
- содержание сахаров (S): от 3,5 до 6,5 %;
- титруемая кислотность (ТА): от 0,2 до 0,4 % (пересчете на яблочную кислоту).

Параметры процесса уваривания:

- температура (102 ± 2) °C;
- открытая поверхность испарения;
- постоянное перемешивание.

Сырье пюре сладкого перца готовится без добавления других овощей, загустителей или вкусоароматических добавок.

Внедрение модели на предприятии переработки позволяет получить значительный экономический эффект по трем основным направлениям:

– сокращение энергозатрат – для партии сырья с высокими показателями сухих веществ время уваривания составляет 30 мин вместо стандартных 60;

– сокращение времени обработки на 50 % приводит к пропорциональному снижению потребления электроэнергии или газа на нагрев [9]:

– для цеха производительностью 500 кг/смена экономия может составить до 1000 кВт·ч в смену, при работе 300 смен в год и тарифе 5 руб/кВт·ч годовая экономия составит 1,5 млн руб;

– минимизация случаев недоварки и переварки приводит к снижению брака на 5–7 %:

– для цеха с объемом выпуска 150 т/г и себестоимостью 100 руб/кг снижение брака на 5 % дает экономию – 750 тыс. руб/г.

Таким образом, внедрение разработанной модели является экономически целесообраз-

ным и может обеспечить значительную экономию средств и повышение качества продукции.

Заключение. В результате проведенного комплексного исследования по установлению зависимости времени уваривания пюре сладкого перца от химического состава сырья были получены следующие основные выводы:

– экспериментально подтверждено, что содержание сухих веществ (SV), сахаров (S) и титруемой кислотности (ТА) в исходном сырье являются статистически значимыми факторами, определяющими оптимальную продолжительность термической обработки (t_{opt});

– наибольший вклад в вариабельность времени уваривания вносит содержание сухих веществ;

– методами многомерного регрессионного анализа построено уравнение второй степени, адекватно описывающее зависимость $t_{opt} = f(SV, S, TA)$;

– модель обладает высокой предсказательной способностью ($R^2 = 0,985$) и статистической значимостью ($p < 0,001$), стандартная ошибка прогноза составляет $\pm 2,44$ мин;

– определены критические зоны технологического процесса, выявлено, что экстремальные значения любого из факторов приводят к резкому ухудшению органолептических свойств продукта при отклонении от рассчитанного t_{opt} , что требует повышенного контроля;

– технология адресного расчета времени уваривания на основе входного контроля сырья позволяет добиться значительного экономического эффекта за счет сокращения продолжительности термической обработки для сырья с высоким содержанием сухих веществ (до 50 %), снижения доли бракованной продукции на 5–7 %, потенциальная экономия на энергозатратах сос-

тавляет до 1,5 млн руб. в год для типового производственного цеха;

– разработан практический инструментарий для технологов – в рамках работы созданы программный алгоритм расчета t_{opt} по данным входного контроля, упрощенная номограмма для оперативного определения времени уваривания, рекомендации по границам применимости модели.

Таким образом, цель исследования достигнута. Научная новизна работы подтверждается установлением точных количественных зависимостей между тремя ключевыми параметрами сырья и временем уваривания для сладкого перца, а практическая значимость – готовностью модели к внедрению в технологический процесс для оптимизации ресурсов и стандартизации качества готовой продукции [10].

Список источников

1. Кох Д.А. Совершенствование способа производства пасты с использованием гомогенной яблочной пасты на основе плодов мелкоплодных яблонь // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. № 11 (161). DOI: 10.60797/IRJ.2025.161.5. EDN: EFOVXS.
2. Антипова Н.Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 8-1 (59). С. 81–84. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-8-1-81-84. EDN: ATVZWZ.
3. Савенкова Т.В. Ингредиенты в технологиях кондитерских изделий: Пищевые ингредиенты в продуктах питания: от науки к технологиям. 2-е изд., исправл. и доп. М.: Московский государственный университет пищевых производств, 2021. С. 362–384. EDN: JOEIOG.
4. Логинова И.В., Кашникова О.Г., Ильина С.Г., и др. Методы экспертной дегустационной оценки молока и молочных продуктов. В сб.: Международная научно-практическая конференция «Отраслевая наука сегодня и завтра», Углич, 23–27 июня 2025 г. Углич: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова, 2025. С. 189–196. EDN: HNBLRL.
5. Сергеева И.Ю., Голуб О.В., Севостьянова М.В., и др. Исследование качественных характеристик новых плодовых соусов // Индустрия питания. 2020. Т. 5, № 2. С. 5–12. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-1. EDN: KWKXJI.
6. Кох Д.А., Кох Ж.А. Способ производства желейного мармелада с использованием гомогенной яблочной пасты. Патент РФ № 2811929 C1. 14.08.2023. Бюл. 2. EDN: MQAMIO.
7. Бакин И.А., Шилов С.В., Мустафина А.С. Информационные системы контроля и управления процессов дегидратации плодово-ягодного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 1. С. 163–176. DOI: 10.36107/spfp.2023.277. EDN: BQPRBO.
8. Гаврилова А.Н., Борисова А.В. Разработка ферментированного сывороточного напитка с добавлением растительного сырья // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 212–220. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-212-220. EDN: NKMQHD.
9. Петров Г.Н., Спиридонов С.А. Практические методы борьбы с потерями в энергосистеме. В сб.: Межвузовский научный конгресс «Высшая школа: научные исследования», Москва, 30 апреля 2020 г. Т. 2. М.: Инфинити, 2020. С. 141–145. EDN: GQWZDQ.
10. Зубарева М.И., Бирюкова Н.В., Нестерова Н.В. Изучение возможности создания профилактического зефира, обогащенного глицином и экстрактом лимонника китайского (*Schisandra chinensis*) для повышения работоспособности школьников в период предэкзаменационной подготовки. В сб.: IV Международная научно-практическая конференция «Science and education: problems and innovations», Пенза, 7 мая 2020 г. Пенза: Наука и Просвещение, 2020. С. 269–272. EDN: RFDHQK.

References

1. Kokh DA. Sovershenstvovanie sposoba proizvodstva pastily s ispol'zovaniem gomogennoj yablochnoj pasty na osnove plodov melkoplodnykh yablon'. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2025;11. DOI: 10.60797/IRJ.2025.161.5. EDN: EFOVXS.
2. Antipova NYu. Dieticheskie i lekarstvennye svojstva pertsa sladkogo // *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2021;8-1:81-84. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-8-1-81-84. EDN: ATVZWZ.

3. Savenkova TV. Ingredienty v tekhnologiyakh konditerskikh izdelij. In: *Pishchevye ingredienty v produktakh pitaniya: ot nauki k tekhnologiyam*. 2-e izd., ispravl. i dop. Moscow: Moskovskij gosudarstvennyj universitet pishchevykh proizvodstv, 2021. P. 362–384. EDN: JOEIOG.
4. Loginova IV, Kashnikova OG, Il'ina SG, et al. Metody ekspertnoj degustatsionnoj otsenki moloka i molochnykh produktov. In: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Otraslevaya nauka segodnya i zavtra”*, Uglich, 23–27 Jun 2025. Uglich: Federal'nyj nauchnyj tsentr pishchevykh sistem im. V.M.Gorbatova; 2025. P. 189–196. EDN: HNBLRL.
5. Sergeeva IYu, Golub OV, Sevost'yanova MV, et al. Issledovanie kachestvennykh kharakteristik novykh plodovykh sousov. *Industriya pitaniya*. 2020;5(2):5-12. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-1. EDN: KWGXJI.
6. Kokh DA, Kokh ZhA. Sposob proizvodstva zhelejnogo marmelada s ispol'zovaniem gomogennoj yablochnoj pasty. Patent RF № 2811929 C1. 14.08.2023. Byul 2. EDN: MQAMIO.
7. Bakin IA, Shilov SV, Mustafina AS. Informatsionnye sistemy kontrolya i upravleniya protsessov degidratatsii plodovo-yagodnogo syr'ya. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ya*. 2023;1:163-176. DOI: 10.36107/spfp.2023.277. EDN: BQPRBO.
8. Gavrilova AN, Borisova AV. Razrabotka fermentirovannogo syvorotochnogo napitka s dobavleniem rastitel'nogo syr'ya. *Bulletin of KSAU*. 2022;1:212-220. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-212-220. EDN: NKMQHD.
9. Petrov GN, Spiridonov SA. Prakticheskie metody bor'by s poteryami v energosisteme. In: *Mezhvuzovskij nauchnyj kongress “Vysshaya shkola: nauchnye issledovaniya”*, Moscow, 30 Apr 2020. Vol. 2. Moscow: Infiniti; 2020. P. 141–145. EDN: GQWZDQ.
10. Zubareva MI, Biryukova NV, Nesterova NV. Izuchenie vozmozhnosti sozdaniya profilakticheskogo zefira, obogashchyonnogo glitsinom i ekstraktom limonnika kitajskogo (*Schisandra chinensis*) dlya povysheniya rabotosposobnosti shkol'nikov v period predekzamenatsionnoj podgotovki. In: *IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya “Science and education: problems and innovations”*, Penza, 07 May 2020. Penza: Nauka i Prosveshchenie; 2020. P. 269–272. EDN: RFDHQK.

Статья принята к публикации 29.09.2025 / The article accepted for publication 29.09.2025.

Информация об авторах:

Дарья Вадимовна Котвицкая, аспирант кафедры информационных систем и технологий
Татьяна Викторовна Першакова, профессор кафедры информационных систем и технологий, доктор технических наук, доцент

Information about the authors:

Daria Vadimovna Kotvitskaya, Postgraduate student at the Department of Information Systems and Technologies

Tatyana Viktorovna Pershakova, Professor at the Department of Information Systems and Technologies, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor