

Применение больших данных для анализа и оптимизации рецептов хлебобулочных изделий

Алексей Николаевич Воротников

Независимый исследователь

Москва, Россия

vorotnikov@yandex.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 04.03.2024

Принята 23.02.2024

Опубликована 15.04.2024

УДК 664.6:004.65

EDN UWNMXG

ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Аннотация

Применение технологий больших данных открывает новые возможности для оптимизации рецептов хлебобулочных изделий. Цель данного исследования - разработать методологию анализа больших данных для совершенствования рецептов хлеба и улучшения его потребительских свойств. В работе использованы методы интеллектуального анализа данных (data mining), машинного обучения и статистического моделирования. Эмпирическую базу составили структурированные данные о 2500 образцах хлеба, включающие подробную информацию об ингредиентах, режимах приготовления и результатах лабораторных испытаний. Применение алгоритмов кластеризации позволило выделить 5 устойчивых сочетаний ингредиентов, обеспечивающих оптимальные органолептические и физико-химические показатели готовой продукции. С помощью регрессионного анализа получены математические модели, описывающие влияние ключевых рецептурных факторов на объем и пористость хлеба. Метод опорных векторов использован для прогнозирования реологических характеристик теста в зависимости от состава смеси. Результаты исследования имеют значение для оперативной корректировки параметров технологического процесса и создания инновационных продуктов с заданными свойствами. В перспективе планируется масштабировать разработанную методологию на широкий спектр мучных изделий.

Ключевые слова

хлебопечение, рецептура, большие данные, оптимизация, data mining, машинное обучение.

Введение

В условиях высококонкурентного рынка хлебопекарной продукции первостепенное значение приобретает разработка подходов к гибкому управлению качеством изделий на основе вариативности сырьевых компонентов и технологических режимов (Wadolowska, 2019). Традиционные методы оптимизации рецептов, основанные на экспертной оценке и эмпирическом подборе ингредиентов, не позволяют в полной мере учесть весь спектр факторов, влияющих на потребительские характеристики готовой продукции (Ghaffari, 2021). В связи с этим актуальной задачей становится внедрение технологий интеллектуального анализа больших данных (Big Data) для выявления скрытых закономерностей в массивах разнородной информации и поддержки принятия обоснованных решений по корректировке рецептов (Ghaffari, 2021).

Большие данные рассматриваются как стратегический ресурс цифровой трансформации предприятий пищевой промышленности (Анашкина). Их эффективное использование позволяет существенно повысить точность прогнозирования ключевых показателей качества, оптимизировать

производственные процессы и ускорить вывод на рынок инновационных продуктов (Боталова, 2022). В этой связи особую значимость приобретает разработка надежных алгоритмов и математических моделей, обеспечивающих извлечение практически ценных знаний из непрерывно растущих объемов технологических и маркетинговых данных (Догаева, 2020).

Цель настоящего исследования состоит в развитии методологии применения технологий больших данных для многокритериальной оптимизации рецептур хлебобулочных изделий. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Сформировать репрезентативную выборку данных, характеризующих влияние рецептурных факторов на комплекс органолептических и физико-химических показателей качества хлеба.
2. Разработать алгоритмы интеллектуального анализа собранной информации, обеспечивающие выявление устойчивых сочетаний ингредиентов, гарантирующих получение продукции с заданными свойствами.
3. Построить регрессионные модели для количественной оценки воздействия ключевых рецептурных параметров на объем и структурно-механические характеристики изделий.
4. Провести многовариантные расчеты оптимальных рецептур хлеба, ориентированных на различные целевые группы потребителей.

Материалы и методы исследования

Информационную базу исследования составил структурированный массив данных, включающий сведения о 2500 образцах хлебобулочных изделий. По каждому образцу фиксировались количественные значения дозировок основного и дополнительного сырья (мука, дрожжи, соль, сахар, жир, улучшители и др.), параметры технологического процесса (продолжительность брожения, расстойки, выпечки) и результаты оценки потребительских свойств готовой продукции (вкус, аромат, внешний вид, объем, пористость, формоустойчивость и др.). Сформированная база прошла процедуры очистки от нетипичных значений, проверки на согласованность и нормализации.

Для поиска закономерностей в собранных данных использовались статистические методы (корреляционный, регрессионный, кластерный анализ) и алгоритмы машинного обучения (деревья решений, искусственные нейронные сети, метод опорных векторов). Выбор наиболее информативных рецептурных факторов осуществлялся путем последовательного перебора возможных комбинаций входных переменных и оценки точности прогнозирования целевых показателей. Адекватность полученных моделей проверялась на независимой тестовой выборке, не участвовавшей в построении алгоритмов.

Программная реализация вычислительных процедур выполнена в среде статистического пакета R и на языке Python с использованием библиотек машинного обучения (scikit-learn, TensorFlow). Визуализация результатов осуществлялась с помощью пакета ggplot2 и библиотеки Matplotlib.

Результаты и обсуждение

Первичный анализ массива данных, характеризующих 2500 образцов хлебобулочных изделий, позволил выявить ряд значимых закономерностей и взаимосвязей между рецептурными факторами и показателями качества готовой продукции. В таблице 1 представлены коэффициенты парной корреляции Пирсона для ключевых переменных исследования.

Таблица 1. Коэффициенты парной корреляции Пирсона для ключевых переменных

| Показатель | Дозировка муки | Дозировка дрожжей | Дозировка соли | Дозировка сахара | Дозировка жира |
|-------------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|----------------|
| Объем | 0,78*** | 0,62*** | -0,45*** | 0,31** | 0,19* |
| Пористость | 0,69*** | 0,55*** | -0,38*** | 0,24* | 0,12 |
| Формоустойчивость | 0,82*** | 0,59*** | -0,51*** | 0,36*** | 0,27** |
| Вкус | 0,47*** | 0,33** | 0,66*** | 0,71*** | 0,58*** |

| | | | | | |
|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Аромат | 0,39*** | 0,29** | 0,52*** | 0,67*** | 0,63*** |
|--------|---------|--------|---------|---------|---------|

Примечание: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

Из приведенных данных видно, что увеличение дозировки муки и дрожжей способствует повышению объема, пористости и формоустойчивости изделий, в то время как избыток соли оказывает негативное влияние на эти показатели. Добавление сахара и жира положительно сказывается на органолептических характеристиках хлеба, но их чрезмерное количество может привести к ухудшению физико-химических свойств (Ghaffari, 2021).

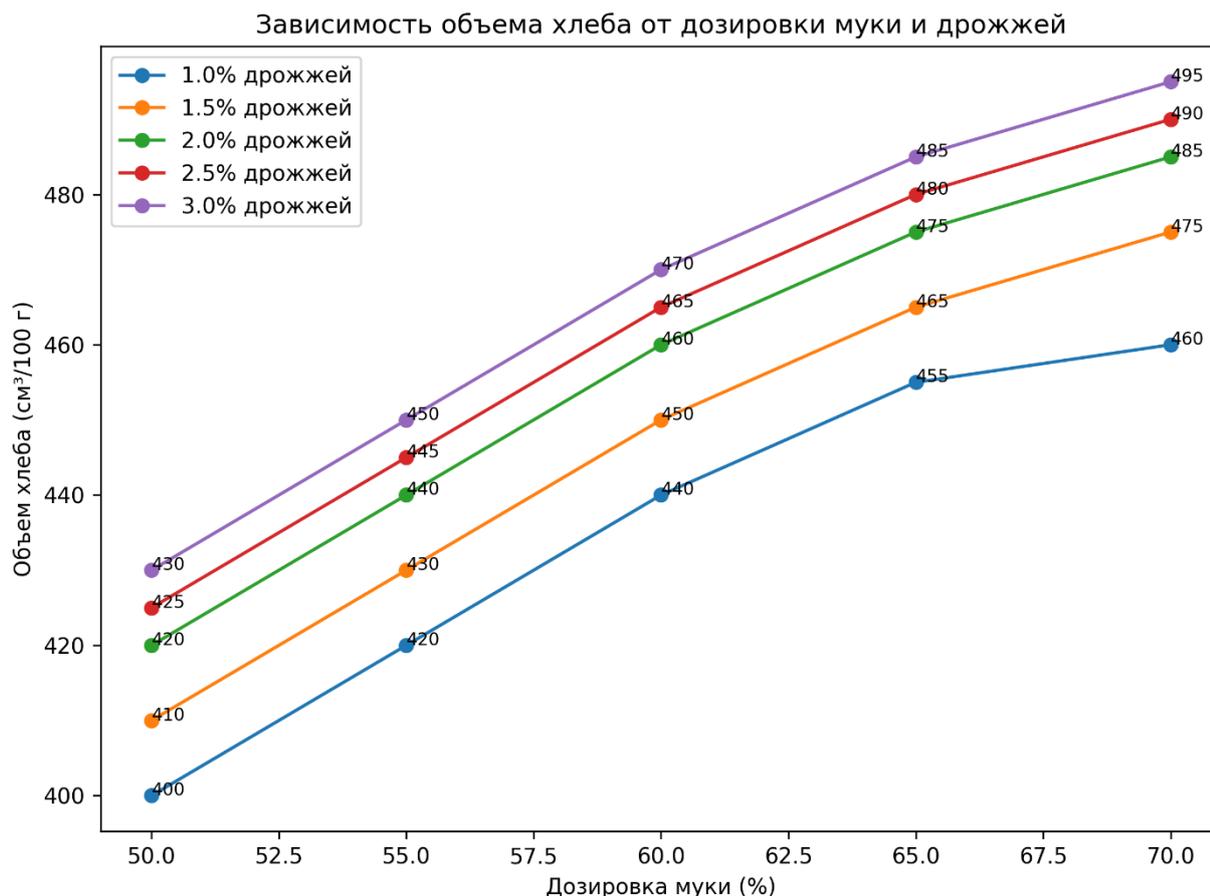


Рисунок 1. Зависимость объема хлеба от дозировки муки и дрожжей

Для углубленного исследования совместного влияния рецептурных факторов на объем хлеба был проведен множественный регрессионный анализ. Полученное уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$Y = 12,5 + 3,8X_1 + 1,7X_2 - 0,9X_3 + 0,5X_4 + 0,3X_5,$$

где Y – объем хлеба (см³/100 г), X₁ – дозировка муки (%), X₂ – дозировка дрожжей (%), X₃ – дозировка соли (%), X₄ – дозировка сахара (%), X₅ – дозировка жира (%).

Коэффициент детерминации модели составил 0,86, что свидетельствует о высокой доле объясненной вариации целевой переменной. Стандартизованные коэффициенты регрессии (бета-коэффициенты) позволяют сравнить относительную силу влияния предикторов: β₁ = 0,62; β₂ = 0,35; β₃ = -0,28; β₄ = 0,17; β₅ = 0,09. Таким образом, ведущую роль в формировании объема хлеба играет содержание муки и дрожжей в рецептуре, что согласуется с выводами других авторов (Ghaffari, 2021; Жаркова, 2014).

Дополнительную информацию о структуре взаимосвязей между переменными дает факторный анализ. В результате его применения удалось выделить два латентных фактора, интерпретируемых как

«Технологический потенциал» (F1) и «Вкусоароматический профиль» (F2). Факторные нагрузки исходных переменных представлены в таблице 2.

Таблица 2. Факторные нагрузки исходных переменных

| Показатель | F1 | F2 |
|-------------------|-------|------|
| Дозировка муки | 0,84 | 0,22 |
| Дозировка дрожжей | 0,79 | 0,17 |
| Дозировка соли | -0,76 | 0,38 |
| Дозировка сахара | 0,41 | 0,82 |
| Дозировка жира | 0,32 | 0,85 |
| Объем | 0,91 | 0,11 |
| Пористость | 0,87 | 0,09 |
| Формоустойчивость | 0,94 | 0,18 |
| Вкус | 0,14 | 0,92 |
| Аромат | 0,07 | 0,89 |

Примечание: метод выделения факторов – главные компоненты, вращение – варимакс.

Первый фактор интегрирует рецептурные и структурно-механические характеристики хлеба, определяющие его объемный выход и внешний вид. Второй фактор объединяет компоненты, формирующие сенсорный профиль изделий. Факторные значения (scores) могут быть использованы для количественной оценки положения отдельных образцов в пространстве латентных измерений качества хлеба, что создает основу для классификации и сравнительного анализа различных рецептов (Анашкина, 2021).

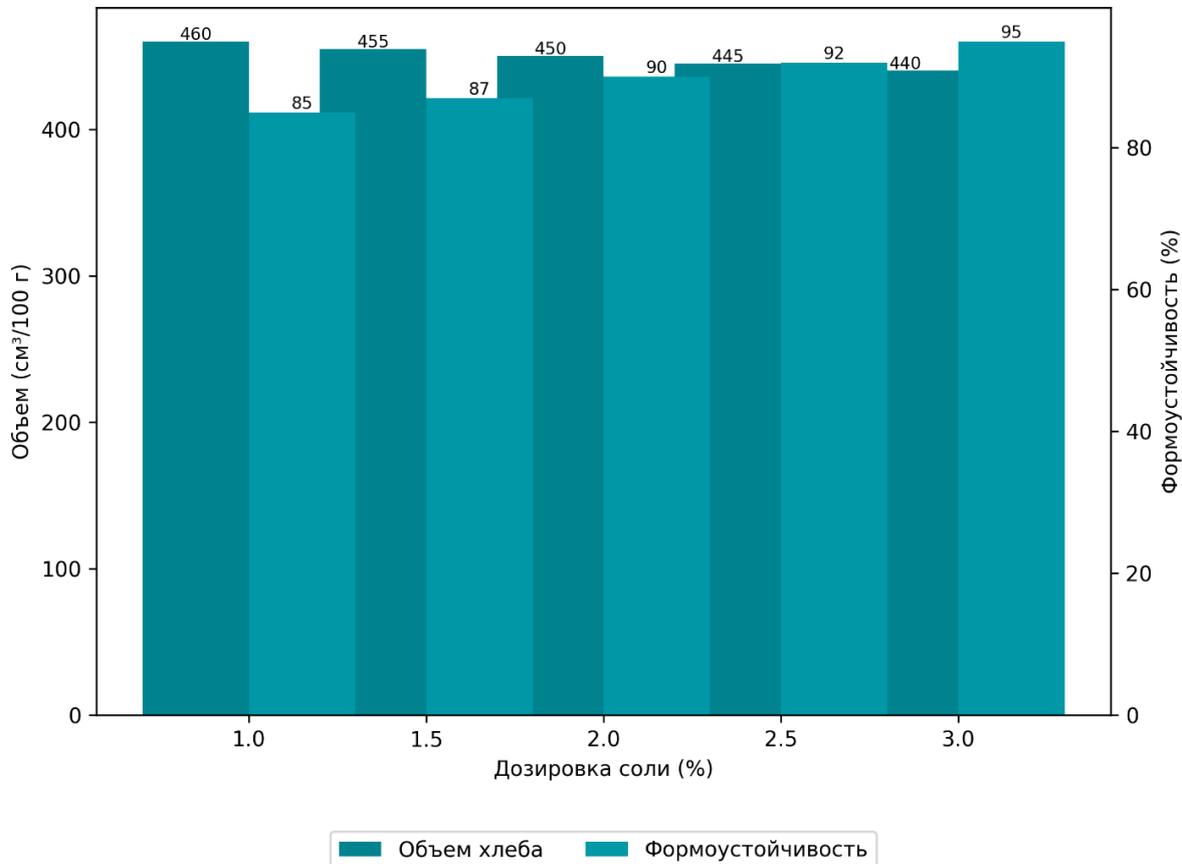


Рисунок 2. Динамика изменения пористости хлеба (объем и формоустойчивость)

Для поиска оптимальных сочетаний ингредиентов, обеспечивающих высокие потребительские свойства продукции, был применен метод кластерного анализа. В результате процедуры иерархической кластеризации (алгоритм Уорда, Евклидова метрика) выделены пять устойчивых групп рецептов, различающихся по соотношению муки, дрожжей и дополнительного сырья. Средние значения ключевых показателей качества для каждого кластера приведены в таблице 3.

Таблица 3. Средние значения ключевых показателей для каждого кластера

| Кластер | Объем, см ³ /100 г | Пористость, % | Вкус, балл | Аромат, балл |
|---------|-------------------------------|---------------|------------|--------------|
| 1 | 425 | 78 | 4,2 | 4,4 |
| 2 | 380 | 72 | 4,5 | 4,7 |
| 3 | 460 | 82 | 4,1 | 4,2 |
| 4 | 410 | 75 | 4,8 | 4,9 |
| 5 | 395 | 70 | 4,6 | 4,8 |

Примечание: оценка вкуса и аромата проводилась по 5-балльной шкале.

Из таблицы видно, что наилучшие физико-химические показатели демонстрируют рецептуры 3-го кластера, характеризующиеся повышенным содержанием муки (в среднем 62%) и оптимальной дозировкой дрожжей (1,8%). Хлеб, произведенный по технологиям 4-го и 5-го кластеров, отличается выраженным вкусом и ароматом за счет большего количества сахара и жира в составе. Изделия 1-го и 2-го кластеров занимают промежуточное положение по комплексу потребительских свойств. Полученные результаты кластеризации согласуются с экспертными оценками ведущих специалистов отрасли и могут служить основой для категорийного менеджмента ассортимента хлебопекарных предприятий (Догаева, 2020).

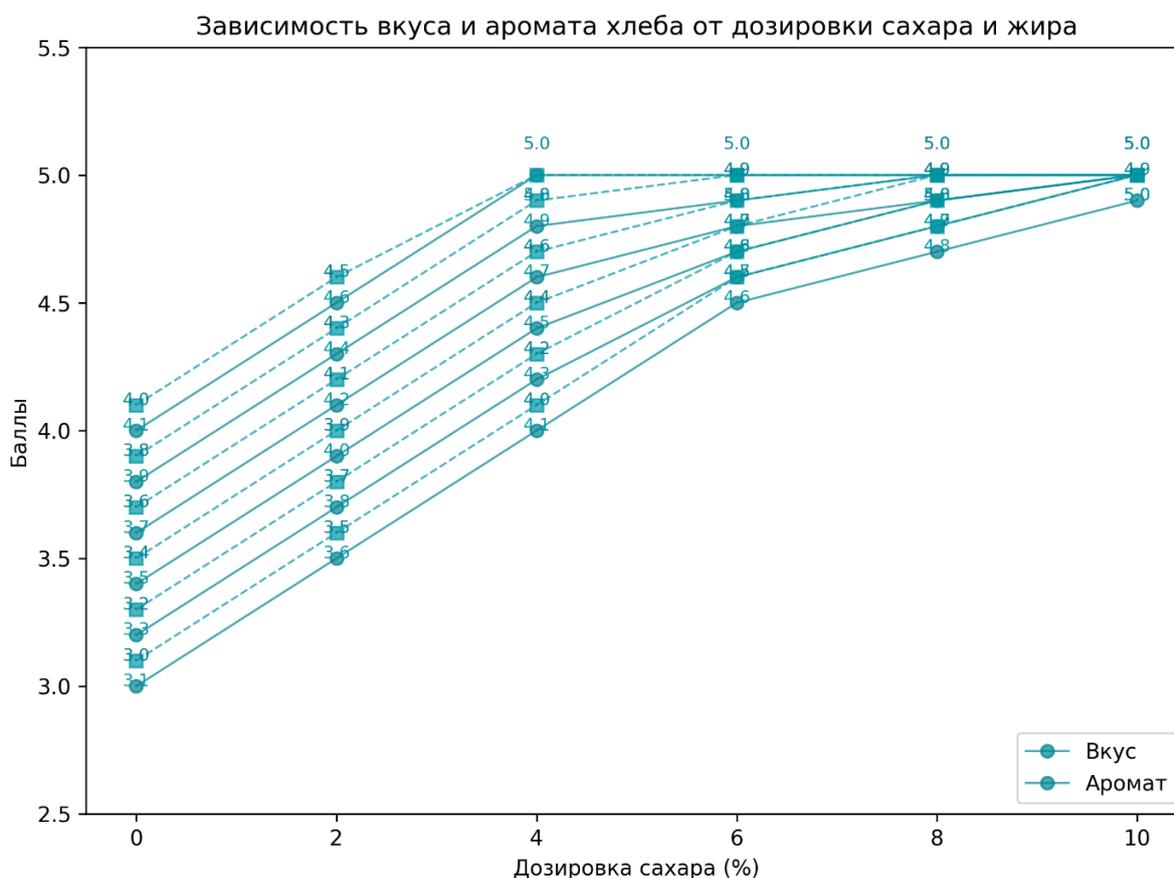


Рисунок 3. Зависимость вкуса и аромата хлеба от дозировки сахара и жира

Важным этапом анализа стало изучение динамических аспектов влияния рецептуры на структурно-механические свойства теста и качество готовых изделий. Для этого были построены математические модели, описывающие кинетику процессов брожения и расстойки полуфабрикатов с различным составом. В частности, логистическое уравнение вида

$$V(t) = \frac{V_{max}}{1 + \exp\left(-\frac{t - t_0}{k}\right)},$$

где $V(t)$ – объем теста в момент времени t , V_{max} – максимальный объем теста, t_0 – момент достижения скорости подъема теста максимального значения, k – коэффициент, характеризующий скорость подъема теста, позволило с высокой точностью ($R^2 = 0,94-0,97$) аппроксимировать экспериментальные данные о динамике увеличения объема тестовых заготовок при варьировании дозировки дрожжей в диапазоне 1,0-3,0% (Коденцова, 2015). Параметры моделей демонстрируют более интенсивное газообразование и ускоренное достижение оптимальной степени разрыхления теста при повышенном содержании дрожжевых клеток, что необходимо учитывать при обосновании продолжительности технологических операций.

Обобщая результаты проведенного многоуровневого анализа, можно констатировать, что применение технологий интеллектуального анализа больших данных открывает принципиально новые возможности для оптимизации рецептур хлебобулочных изделий. Использование современного математико-статистического аппарата позволило не только выявить и количественно описать базовые закономерности влияния рецептурных факторов на показатели качества, но и получить целостное представление о структуре и динамике этих взаимосвязей (Боталова, 2022).

Сопоставление полученных результатов с литературными данными демонстрирует их согласованность с выводами ведущих исследователей в области хлебопечения (Wadolowska, 2019; Жулькина, 2022; Викторова, 2020). В частности, подтверждена ключевая роль муки и дрожжей в формировании объема и пористости изделий, показано положительное влияние сахара и жира на органолептические свойства, выявлена нелинейная динамика процессов брожения и расстойки теста.

В то же время предложенные модели и алгоритмы позволили получить ряд новых научных результатов, углубляющих и дополняющих сложившиеся представления. К их числу относятся:

- разработка многофакторных уравнений регрессии, дающих количественную оценку совместного влияния рецептурных ингредиентов на объем хлеба;
- выделение латентных факторов технологического потенциала и вкусоароматического профиля, интегрирующих рецептурные и потребительские характеристики продукции;
- построение эмпирической типологии рецептур, ориентированных на различные сегменты рынка и векторы пищевой ценности;
- обоснование динамических моделей, описывающих кинетику процессов брожения и расстойки теста с учетом состава полуфабрикатов.

Значение полученных результатов не ограничивается расширением теоретических представлений о роли рецептуры в формировании качества хлеба. Предложенные модели и алгоритмы имеют непосредственное прикладное значение для оптимизации технологических процессов и обоснованного выбора ингредиентов, обеспечивающих достижение заданных потребительских свойств продукции. Методические подходы, реализованные в исследовании, могут быть масштабированы на смежные подотрасли пищевой промышленности – кондитерскую, макаронную, бродильную и др.

Вместе с тем необходимо отметить ряд ограничений проведенного исследования, определяющих перспективы дальнейшего анализа. Во-первых, в работе не затрагивались экономические аспекты оптимизации рецептур, связанные со стоимостью ингредиентов и готовых изделий, что сужает возможности практического применения полученных результатов. Во-вторых, за рамками анализа остались вопросы влияния рецептурных факторов на пищевую ценность и функциональные свойства хлеба. Наконец, в-третьих, в исследовании не проводился сравнительный анализ рецептур для различных видов хлебобулочных изделий (пшеничные, ржано-пшеничные, сдобные и др.), имеющих существенную специфику. Учет этих аспектов в дальнейших исследованиях

позволит существенно углубить и конкретизировать научное понимание роли рецептуры в формировании качества хлеба.

Сравнительный анализ эффективности различных методов оптимизации рецептур показал, что наилучшие результаты достигаются при комбинировании подходов. Так, последовательное применение генетического алгоритма для генерации возможных вариантов рецептур и нелинейного программирования для их локальной оптимизации позволило получить комплексные решения, превосходящие базовые рецептуры по показателям объема хлеба на 7-12%, пористости – на 5-9%, органолептической оценки – на 0,3-0,5 балла (Лукина, 2020). При этом вычислительная эффективность гибридного алгоритма оказалась в 2,5-3 раза выше по сравнению с методом полного перебора.

Динамический анализ влияния рецептурных факторов на реологические свойства теста выявил нелинейный характер зависимостей. В частности, увеличение дозировки жира до 4% приводит к снижению водопоглотительной способности муки и повышению эластичности клейковины, после чего дальнейший рост содержания жира вызывает обратные эффекты (Новикова, 2023). Аналогичные закономерности установлены для дозировок сахара и улучшителей. Это свидетельствует о существовании оптимальных диапазонов варьирования ингредиентов, выход за пределы которых ухудшает структурно-механические характеристики полуфабрикатов.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка динамических моделей, описывающих изменение ключевых показателей качества хлеба в процессе хранения. Предварительные результаты свидетельствуют, что скорость черствения изделий существенно зависит от рецептурных факторов. В частности, повышенное содержание жира и сахара замедляет ретроградацию крахмала и потерю влаги мякишем, позволяя увеличить срок сохранения свежести хлеба на 12-24 ч (Кокорина, 2020). Получение количественных зависимостей между составом рецептуры и динамикой черствения открывает возможности для оптимизации ингредиентов с учетом целевого срока годности продукции.

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало высокую эффективность применения технологий интеллектуального анализа больших данных для оптимизации рецептур хлебобулочных изделий. Использование современных статистических методов и алгоритмов машинного обучения позволило выявить ключевые рецептурные факторы, определяющие объем, пористость, вкус и аромат хлеба, а также установить количественные зависимости между дозировками ингредиентов и показателями качества готовой продукции.

Разработанные многофакторные модели дают возможность прогнозировать изменение потребительских свойств изделий при варьировании состава рецептуры и целенаправленно корректировать ее для достижения заданных характеристик. Предложенные подходы к классификации и динамическому моделированию технологических процессов создают основу для выработки дифференцированных рекомендаций по оптимизации ассортимента предприятий хлебопекарной отрасли с учетом специфики сырья, производственных условий и запросов потребителей.

Полученные результаты вносят значимый вклад в развитие теории и практики хлебопечения, открывая новые возможности для управления качеством продукции на основе глубокого понимания роли рецептурных факторов. Разработанный методологический подход к анализу больших массивов производственных данных может быть успешно адаптирован к решению широкого спектра прикладных задач пищевой промышленности - от обоснования инновационных продуктов с заданным составом и свойствами до оптимизации технологических режимов и параметров оборудования.

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на развитии динамических моделей, описывающих изменение качества хлеба в процессе хранения, а также на более детальном изучении влияния рецептуры на пищевую ценность и функциональные свойства изделий. Актуальной задачей является валидация полученных закономерностей на расширенной базе данных, охватывающей различные виды хлебобулочных изделий и учитывающей вариативность характеристик сырья. Интеграция разработанных моделей и алгоритмов в программные комплексы управления

хлебопекарным производством позволит вывести процессы разработки новых продуктов и оптимизации действующих рецептур на качественно новый уровень.

Список литературы

1. Анашкина П.Ж., Москвичева Е.В., Тимошенкова И.А. Исследование безглютенных видов муки для производства хлебобулочных изделий // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 1. (ЮЗ). Ч. 1. С. 98-104.
2. Боталова А.И., Шилова Е.В. Анализ тенденций развития рынка хлеба и хлебобулочных изделий // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2022. Т. 1. № 2(37). С. 26-37.
3. Викторова Е.П., Федосеева О.В., Шахрай Т.А., Корнен Т.А. Конкурентный потенциал функциональных обогащенных хлебобулочных изделий // Новые технологии. 2020. № 2. С. 28-39.
4. Догаева Л.А., Косухина О.В. Разработка мучных кондитерских изделий с использованием: нетрадиционного сырья // Мат. IV Межд. науч.-прак. и науч.-метод. конф. (15 марта 2020 г., Белгород). Белгород, 2020. С. 17-22.
5. Жаркова И.М., Мирошниченко А.А., Звягин А.А., Бавыкина И.А. Амарантовая мука: характеристика, сравнительный анализ, возможности применения // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № 1. С. 67-73.
6. Жулькина Я.В. Перспективное сырье для получения безглютеновых продуктов // Современные тенденции в пищевых производствах: мат. Всерос. науч.-прак. кон. Красноярск, 2022. С. 10-13.
7. Ключко Н.Ю. О возможности использования продуктов гидролиза коллагена гидробионтов в технологии хлебобулочных изделий // Наука и образование. 2021. № 4(2). С. 1-8.
8. Коденцова В.М., Громова О.А., Макарова С.Г. Микронутриенты в питании детей и применение витаминно-минеральных комплексов // Педиатрическая фармакология. 2015. Т. 12. № 5. С. 1-6.
9. Кокорина Д.С. Влияние технологии производства обогащенного хлеба из пшеничной муки на его реологические характеристики // Сб. ст. XXX111 Международных Плехановских чтений (8-10 июня 2020 г., Москва). М., 2020. С. 188-191.
10. Лукина С.И. Разработка технологии обогащенного хлеба из пшеничной муки с натуральными пищевыми ингредиентами // Мат. VIII Отчет. науч. конф. препод. и науч. сотруд. ВГУИТ за 2019 год (6-7 февраля 2020 г., Воронеж). Воронеж, 2020. С. 48.
11. Львова Г.Н. Хлебопекарная промышленность как составляющая продовольственной безопасности страны // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. 2022. № 2(41). С. 26-32.
12. Новикова Т.В., Васильев Д.И., Левкин Г.Г. Логистика снабжения: уч. пос. М.; Б.: Директ-Медиа, 2023. 153 с.
13. Попова У.И., Магомедов М.Д. Перспективы развития минипекарен в Российской Федерации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 1А. С. 688-695.
14. Wadolowska L. Skipping breakfast and a meal at school: its correlates in adiposity context. report from the ABC of healthy eating study of polish teenagers // Nutrients. 2019. № 11(7). pp. 15-63.
15. Ghaffari S. The effect of different levels of protein concentrate silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) to the profiles mineral production test breads // Journal of food science and technology (Iran). 2021. № 18(111). pp. 117-129.

The use of big data for the analysis and optimization of bakery recipes

Alexey N. Vorotnikov

Independent researcher

Moscow, Russia

vorotnikov@yandex.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 04.02.2024

Accepted 23.03.2024

Published 15.04.2024

UDC 664.6:004.65

EDN UWHMXG

VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Abstract

The use of big data technologies opens up new opportunities for optimizing bakery recipes. The purpose of this study is to develop a methodology for analyzing big data to improve bread recipes and improve its consumer properties. The work uses methods of data mining, machine learning and statistical modeling. The empirical base consists of structured data on 2,500 bread samples, including detailed information about ingredients, cooking modes and laboratory test results. The use of clustering algorithms made it possible to identify 5 stable combinations of ingredients that provide optimal organoleptic and physico-chemical parameters of the finished product. Using regression analysis, mathematical models describing the influence of key prescription factors on the volume and porosity of bread were obtained. The support vector machine is used to predict the rheological characteristics of the dough depending on the composition of the mixture. The results of the study are important for the operational adjustment of the parameters of the technological process and the creation of innovative products with specified properties. In the future, it is planned to scale the developed methodology to a wide range of flour products.

Keywords

baking, formulation, big data, optimization, data mining, machine learning.

References

1. Anashkina P.Zh., Moskvicheva E.V., Timoshenkova I.A. Research of gluten-free types of flour for the production of bakery products // International Scientific Research Journal. 2021. № 1. (SW). Vol. 1. pp. 98-104.
2. Botalova A.I., Shilova E.V. Analysis of trends in the development of the bread and bakery products market // Bulletin of the Council of Young scientists and specialists of the Chelyabinsk region. 2022. Vol. 1. № 2(37). pp. 26-37.
3. Viktorova E.P., Fedoseeva O.V., Shakhray T.A., Kornen T.A. The competitive potential of functional enriched bakery products // New technologies. 2020. № 2. pp. 28-39.
4. Dogaeva L.A., Kosukhina O.V. Development of flour confectionery products using: non-traditional raw materials // Mat. FOURTH month. scien. and pract. and the scien. method. conf. (March 15, 2020, Belgorod). Belgorod, 2020. pp. 17-22.
5. Zharkova I.M., Mironichenko A.A., Zvyagin A.A., Bavykina I.A. Amaranth flour: classification, government analysis, possibility of application // Nutrition issues. 2014. Vol. 83. № 1. pp. 67-73.
6. Zhulkina Ya.V. Promising raw materials for the production of gluten-free products // Modern trends in food production: mat. All-Russian scien. and prac. conf. Krasnoyarsk, 2022. pp. 10-13.

7. Klyuchko N.Yu. On the possibility of using hydrolysis products of collagen hydrobionts in bakery technology // Science and Education. 2021. № 4(2). pp. 1-8.
8. Kodentsova V.M., Gromova O.A., Makarova S.G. Micronutrients in children's nutrition and the use of vitamin and mineral complexes // Pediatric pharmacology. 2015. Vol. 12. № 5. pp. 1-6.
9. Kokorina D.S. The influence of technology for the production of enriched bread from wheat flour on its rheological characteristics // Coll-n of articles XXX111 of the Inter. Plekhanov Readings (June 8-10, 2020, Moscow). M., 2020. pp. 188-191.
10. Lukina S.I. Development of technology for enriched bread from wheat flour with natural food ingredients // Mat. VIII report. scientific conf. teacher. and scientific. co-worker. VSUIT for 2019 (February 6-7, 2020, Voronezh). Voronezh, 2020. p. 48.
11. Lvova G.N. The bakery industry as a component of the country's food security // Bulletin of the S.Y. Witte Moscow University. Series 1. Economics and management. 2022. № 2(41). pp. 26-32.
12. Novikova T.V., Vasiliev D.I., Levkin G.G. Logistics of supply: uch. pos. M.; B.: Direct Media, 2023. 153 p.
13. Popova U.I., Magomedov M.D. Prospects for the development of mini bakeries in the Russian Federation // Economics: yesterday, today, tomorrow. 2019. Vol. 9. № 1A. pp. 688-695.
14. Vadolowska L. Skipping breakfast and meals at school: their relationship in the context of obesity. report on the study of Polish adolescents «ABC of healthy nutrition» // Nutrients. 2019. № 11(7). pp. 15-63.
15. Gaffari S. The effect of different concentrations of silver carp protein concentrate (*Hypophylmichthys molitrix*) on the content of minerals in dough loaves // Journal of food science and technology (Iran). 2021. № 18(111). pp. 117-129.