

УДК 51-74: 664+519.233.5:664.951

UDC 51-74: 664+519.233.5:664.951

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**MATHEMATICAL MODELING IN TECHNOLOGY AND QUALITY EVALUATION OF FOOD PRODUCTS**Бочарова-Лескина Анна Леонидовна
к.т.н.

РИНЦ SPIN-код: 6421-2540

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия
bocharova.nyura@mail.ruBocharova-Leskina Anna Leonidovna
Cand.Tech.Sci.

RSCI SPIN-code: 6421-2540

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
bocharova.nyura@mail.ru

Иванова Елена Евгеньевна

д.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 6555-6941

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия
elshpak@mail.ru

Ivanova Elena Evgenyevna

Dr.Sci.Tech., professor

RSCI SPIN-code: 6555-6941

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
elshpak@mail.ru

Анализ научных исследований в области пищевых технологий показал, что математическое моделирование применяется в следующих направлениях: уточнение режимов технологических процессов, конструирование рецептур и оценка качества готовых продуктов, а также прогнозирование сроков годности новых продуктов при постановке их на производство. Наиболее актуальными при описании процессов производства пищевых продуктов являются модели многофакторного дисперсионно-регрессионного анализа с применением методов математического планирования эксперимента. В статье приведены результаты собственных исследований по разработке рецептур рыбных пресервов из комбинированных фаршей слабосозревающих и созревающих в посоле рыб. Представлены математические модели, отражающие зависимость органолептических, структурно-механических показателей и показателей созревания пресервов от технологических факторов. Смоделирован безразмерный обобщенный показатель качества фаршевых пресервов, на основании динамики которого проведена оптимизация состава фаршевой смеси. Установлено, что наилучшими в части органолептических, структурно-механических и функционально-технологических показателей являются пресервы из фарша карповых рыб, содержащего 42% мяса сельди атлантической и 4,8% соли. Разработана регрессионная модель, определяющая продолжительность срока годности рыбных пресервов широкого ассортимента в зависимости от влияющих на него факторов: температуры хранения, кислотности заливки, протеолитической активности ферментной системы мышечной ткани сырья, а также о скорости созревания рыбы,

The analysis of scientific research in the field of food technologies has shown that mathematical modeling is applied in the following directions: adjustment of the modes of technological processes, development of compounding and quality evaluation of ready-made products, and also prediction of shelf life of new products during launching. Models of variance and regression analysis with application of methods of mathematical planning of experiment are most relevant in describing the processes of food production. The article contains the results of our own research about creating composition of fish preserves made of combined minced of fishes, bad-ripening and ripening in salting. The mathematical models of the dependence of organoleptic, structural-mechanical characteristics and characteristics of ripening of preserves on technological factors are presented. The dimensionless generalized index of quality was modeled and the composition of minced was optimized on the basis of its dynamics. It was established, that preserves which contain 42% herring Atlantic and 4,8% salt, have the best organoleptic, structural-mechanical and ripening characteristics. The regression model was developed, which determines the shelf life of wide range of fish preserves, depending on factors affecting it: storage temperature, acidity of the fill, proteolytic activity of the enzyme system of muscle tissue and also the speed of fish ripening, caused by addition of various functional and technological additives. Testing of the model shown, that calculated data of the shelf life of fish preserves correlate with the data obtained experimentally

обусловленной внесением различных функционально-технологических добавок. Тестирование модели показало, что расчётные данные о сроках годности коррелируют с данными, полученными экспериментально

Ключевые слова: ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ, РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА, СРОК ГОДНОСТИ, РЫБНЫЕ ПРЕСЕРВЫ

Keywords: FOOD PRODUCTS, DEVELOPMENT OF COMPOUNDING, QUALITY EVALUATION, MATHEMATICAL MODEL, REGRESSION ANALYSIS, MATHEMATICAL EXPERIMENT PLANNING, SHELF LIFE, FISH PRESERVES

Doi: 10.21515/1990-4665-125-010

В пищевой промышленности в последнее время значительно расширилось применение математических методов. Это связано с усложнением технологических процессов, когда любое технически и экономически необоснованное решение приводит к значительным материальным потерям. Избежать просчетов в современных условиях производства можно, только применяя строгую количественную оценку технологических процессов, основанных на математически описанных закономерностях происходящих явлений. Перевод технологических задач в математическую форму позволяет не только уточнить существенные стороны самой задачи, но и значительно сократить время и затраты на ее решение.

Различные математические методы применяются как при изучении и оптимизации режимов и параметров различных технологических процессов [1,2,3,4,5,6], определении показателей качества разрабатываемых продуктов [7,8,9,10,11,12,13], так и при определении сроков годности готовых продуктов [14,15,16,17].

В частности, Сорокоумов И.М. в своей работе изучил влияние различных факторов (продолжительность ферментации и количество фермента) на процесс ферментативного гидролиза хрящевой ткани рыб. Оптимизацию режимов процесса гидролиза автор провёл по совокупной безразмерной характеристике, объединяющей следующие частные

отклики: выход продукта, содержание хондроитинсульфата и количество образующегося аминного азота в полуфабрикатах после ферментации [1].

Язенкова Д.С. провела оптимизацию технологических параметров процесса получения структурообразователя из коллагенсодержащего костного сырья, являющегося отходами переработки промысловых рыб. Для определения рациональных режимов процесса первой варки получена и исследована математическая модель зависимости кинематической вязкости клеевого бульона от температуры и продолжительности первой варки [2].

Исследование зависимости кинетики вакуумной сушки костной ткани речных рыб от температуры греющих плит и абсолютного давления внутри сушильного аппарата представлено в работе Мажарова А.В. Автором получены математические модели этих зависимостей и на основании их исследования подобраны оптимальные режимы процесса [3].

Чернышова О.В. исследовала зависимость содержания экстрактивных и дубильных веществ в экстрактах от температуры и продолжительности процесса экстракции пряно-ароматических растений. Анализ полученных уравнений регрессии позволил подобрать рациональные режимы процесса экстракции [4].

Ибрагим К.Д. в своей работе с помощью регрессионного анализа провел исследования по определению выхода масла из плодов оливкового дерева в зависимости от следующих факторов: напряжённости электрического поля, продолжительности его воздействия, температуры и продолжительности разваривания сырья. В результате получены адекватные регрессионные модели для расчета выхода масла в процентах от общего содержания липидов в сырье [5].

Кинетическая модель ферментативного гидролиза рыбного сырья предложена Широной А.В. Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих введение ферментного

препарата в реакционную смесь многократно через равные интервалы времени, а также расход ферментного препарата вследствие его автолиза. Полученная модель позволила рассчитать параметры гидролиза при различных количествах вносимого ферментного препарата [6].

Известно, что качество пищевого продукта - это совокупность свойств продукта, обуславливающих его пригодность для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с назначением. Качество любого пищевого продукта определяется по характерным для него свойствам – показателями качества. При разработке рецептов новых продуктов и оценке их качества также целесообразно применение математического моделирования.

Например, Зеленина Л.С. с использованием методов квалиметрии разработала модель оценки качества сладких пастообразных плавленых сыров, объединяющую установленный перечень показателей безопасности, функциональной значимости, органолептических показателей и показателей пищевой ценности по уровням их качества и коэффициентам весомости в комплексный показатель качества:

$$K = f(k_1; k_2; \dots k_n),$$

где $k_i = 1 - \left[C_i - C_i \cdot \frac{P_i}{P_i^{base}} \right]$ – относительные показатели качества сырных

продуктов; $C_i = \frac{P_i^{base}}{P_i^{max} - P_i^{min}}$ – расчётный коэффициент; P_i^{min} – минимальное

значение текущего единичного показателя, P_i^{max} и P_i^{base} – соответственно его максимальное и базовое значения [7].

Запорожский А.А. в своей работе спроектировал пищевые продукты с заданными качественными характеристиками. Оптимизация параметров разрабатываемого продукта проводилась путём моделирования рецептуры

с использованием интегрального критерия сбалансированности, в качестве которого выбрана квалитметрическая мультипликативная модель вида

$$D = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i},$$

где d_i – частные критерии.

Источником данных для проектирования является база данных, реализующая многоуровневую модель рецептуры: на первом уровне находится искомая рецептурная смесь, на втором фиксируется компонент-ингредиент, на третьем – базовые элементы, на четвёртом – микропитательные вещества. Принцип моделирования заключается в нахождении максимума обобщённого критерия D при варьировании массовых долей компонентов, участвующих в моделировании рецептуры. На основании этого принципа разработана компьютерная программа «Generic 2.0», применение которой позволяет создавать рецептурные композиции, распределённые по значению интегрального критерия сбалансированности [8].

В работе Добровольской А.В. применяется регрессионное моделирование структурно-механических свойств кулинарной продукции из творога с последующей многокритериальной оптимизацией рецептур по содержанию нутриентов в смеси. Итоговым показателем качества смеси для формования изделий из творога является критерий вида:

$$K(X) = 100 \cdot \sqrt[n+1]{f(X)},$$

где $f(X)$ – целевая функция оптимизации количественного состава X рецептурной смеси. На основании рассчитанных значений показателя качества определяются параметры рецептурных модулей [9].

Матковская М.В. на этапе обоснования рецептур жележных изделий из рыбного сырья по количеству вносимых функциональных добавок использовала математическое моделирование с применением планирования

эксперимента по центральному ортогональному композиционному плану. В качестве факторов, определяющих функциональность готовой продукции, были выбраны массовые доли добавок и количество высушенных биокомпонентов. В качестве параметра оптимизации выступила органолептическая оценка готовой продукции. На основании исследования полученных регрессионных моделей были определены оптимальные дозировки вносимых функциональных добавок [10].

В работе Бакаевой И.А. при разработке технологии хлеба повышенной пищевой ценности с использованием специальных растительно-сырьевых заквасок построены и исследованы математические модели зависимости функциональных характеристик (объём выброженного теста, его удельный объём и пористость хлеба) от таких факторов, как влажность теста и дозировка хмелевой композиции. На основании исследования полученных моделей подобраны оптимальные значения факторов [11].

Состав плавленого сыра, обогащённого икрой и молоками балтийских рыб, оптимизирован Лютовой Е.В. Параметром оптимизации выступила обобщённая характеристика, включающая следующие частные отклики: органолептическую оценку готового продукта, предел текучести, динамическую вязкость и массовую долю влаги. Получены математические модели, связывающие качество обогащённого плавленого сыра (ОПС) с дозировками икры и (или) молок салаки и питьевого молока. С учётом полученных данных разработаны рецептуры ОПС [12].

Проанализировав возможности математических методов для решения различных технологических задач, мы применили математическое моделирование при разработке рецептур и оценке качества пресервов из комбинированных фаршей слабосозревающих и созревающих в посоле рыб [13].

Проблема использования слабосозревающих видов рыб для производства пресервов может быть решена путем применения коммерческих ферментных препаратов или препаратов, полученных из внутренностей хорошо созревающих рыб, а также с помощью интенсификации собственной ферментной системы рыб различными приемами и методами. Нами было выдвинуто предположение, что сочетание двух видов рыбного сырья, созревающего в посоле (сельдь тихоокеанская) и слабосозревающего (каarp, толстолобик) в виде фаршевых изделий из комбинированного фарша позволит не только улучшить реологические свойства, как было установлено исследованиями ряда ученых при производстве кулинарных изделий, но и позволит повысить способность к созреванию пресервов из слабосозревающего сырья, а также получить продукт с высокой пищевой ценностью, хорошими органолептическими показателями, привычным для потребителей «селедочным букетом» и невысокой стоимостью.

Опытным путём было установлено, что факторами, значимо влияющими на скорость созревания пресервов, структурно-механические и органолептические показатели фаршевых изделий, являются: X_1 ($10\% \leq X_1 \leq 70\%$) – доля фарша из мяса сельди и X_2 ($1\% \leq X_2 \leq 8\%$) – содержание соли. В соответствии со схемой полного факторного трёхуровневого эксперимента было реализовано 9 серий опытов, в которых для различных сочетаний уровней факторов X_1 и X_2 фиксировались значения буферности, предельного напряжения сдвига и обобщённого органолептического показателя опытных образцов пресервов. На основании обработки полученных данных построены адекватные регрессионные модели:

1) модель зависимости значений буферности от процентного содержания в опытных образцах фарша из мяса сельди и процентного содержания соли:

$$f(X_1; X_2) = 35,06 + 1,47X_1 + 4,29X_2 - 0,01X_1^2 - 0,57X_2^2, \quad (1)$$

2) модель зависимости предельного напряжения сдвига от процентного содержания в опытных образцах фарша из мяса сельди и процентного содержания соли:

$$g(X_1; X_2) = 1485,42 + 5,46X_1 - 27,86X_2 - 0,20X_1X_2 - 0,17X_1^2 + 5,55X_2^2, \quad (2)$$

3) модель зависимости органолептических показателей от процентного содержания в опытных образцах фарша из мяса сельди и процентного содержания соли:

$$\varphi(X_1; X_2) = 42 + 0,72X_1 + 11,36X_2 - 0,05X_1X_2 - 0,01X_1^2 - 1,44X_2^2. \quad (3)$$

Определение оптимального композиционного состава фаршевых пресервных изделий, удовлетворяющим требованиям по органолептическим, реологическим и функциональным показателям есть задача оптимизации, характеризующаяся частными откликами, описанными моделями (1)-(3). Решение этой задачи предполагает построение некоторого критерия, использующего значения нескольких откликов (имеющих, вообще говоря, различные единицы измерения), преобразованных в безразмерную шкалу. В качестве такого критерия оптимизации мы выбрали функциональную зависимость $Q(X_1; X_2)$ качества формованных фаршевых изделий от количества фарша из мяса сельди и содержания соли и назвали его обобщённым показателем качества (ОПК). Преобразование частных откликов $f(X_1; X_2)$,

$g(X_1; X_2)$ и $\varphi(X_1; X_2)$ в соответствующие отклики желательности D_f , D_g и D_φ мы проводили с использованием метода количественных оценок с интервалами значений от 0 до 1. Значение 0 отклика по этой шкале соответствует абсолютно неприемлемому варианту, а значение 1 – наилучшему (причём дальнейшее его улучшение невозможно либо не представляет интереса). Данные для преобразования представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Данные для преобразования частных откликов в отклики желательности

	$f(X_1; X_2)$ (буферность, град./сут)	D_f	$g(X_1; X_2)$ (предельное напряжение сдвига, Па)	D_g	$\varphi(X_1; X_2)$ (обобщённый органолептический показатель, балл)	D_φ
Лучший показатель (best)	105	0,8	1637	0,8	88	0,8
Худший показатель (worst)	53	0,2	941	0,2	50	0,2

Для каждого i -го сочетания уровней факторов значения частных откликов желательности вычислялись по формуле:

$$D_{y_i} = \exp\left(-\exp\left(\frac{1,98}{y_{best} - y_{wors}}(y_{best} - y_i) - 1,5\right)\right), \quad (4)$$

где $y: f, g, \varphi$, а значения обобщённого критерия желательности – по формуле:

$$Q_i = \sqrt[3]{D_{f_i} \cdot D_{g_i} \cdot D_{\varphi_i}}. \quad (5)$$

Средствами регрессионного анализа была получена адекватная математическая модель зависимости качества формованных фаршевых пресервов от доли в них фарша из мяса сельди и процентного содержания соли:

$$Q(X_1; X_2) = 0,24 + 0,02X_1 + 0,05X_2 + 0,0004X_1X_2 - 0,0002X_1^2 - 0,007X_2^2. \quad (6)$$

При исследовании средствами дифференциального исчисления функции двух переменных $Q(X_1; X_2)$ на экстремум в области изменения факторов мы получили, что своего максимума величина Q достигает при $X_1 = 42\%$, $X_2 = 4,8\%$. При этом $Q(42,2; 4,8) = 0,78$, что по шкале желательности близко к значению «очень хорошо».

На основании полученных данных мы сделали вывод, что наилучшими органолептическими, структурно-механическими и функционально-технологическими свойствами будут обладать пресервные изделия, изготовленные из комбинированного фарша с содержанием мяса сельди 42% и содержанием соли 4,8%.

Что касается сроков годности, то их прогнозирование основывается на фундаментальных принципах моделирования процесса потери качества пищевого продукта – в первую очередь, на кинетическом моделировании различных, достаточно хорошо изученных механизмов порчи в пищевых системах.

Среди математических моделей, предложенных для описания зависимости скорости изменения качества от температуры, используется уравнение Аррениуса:

$$k = k_A \cdot \exp\left(\frac{-E_A}{RT}\right),$$

где k_A – константа уравнения Аррениуса;

R – универсальная газовая постоянная;

E_A – энергия активации; дополнительный энергетический барьер, который параметр качества A должен преодолеть для начала процесса порчи продукта.

При изучении кинетики инактивации микроорганизмов зависимость скорости потери качества от температуры можно также описывать с

помощью функции $k(T)$, где k – рост микроорганизмов, подчиняющийся экспоненциальному закону.

Для молочных и других скоропортящихся продуктов, основным параметром качества которых является рост микрофлоры, довольно успешно применяются модели микробного роста, где за основу взято уравнение Аррениуса или уравнение Ратковского [14]. В работе [15] описана концепция математического моделирования микробиологической обсемененности охлажденной рыбы с использованием коэффициента Моно.

Роговым И.А. показана связь срока годности биоферментированных молочных продуктов с осмотическими условиями и степенью активности воды a_w . При исследовании стойкости в хранении кисломолочных продуктов, полученных на основе биологического сквашивания, была установлена тесная корреляционная связь с коэффициентом корреляции $r \geq 0,95$ между сроком их годности, значением a_w и значением осмотического давления продукта [16].

Модели многофакторного дисперсионно-регрессионного анализа с применением методов математического планирования эксперимента позволяют учитывать одновременно микробиологические, органолептические и физико-химические показатели при определении сроков годности пищевых продуктов.

Используя разработанную нами ранее концепцию [17], мы построили регрессионную модель, осуществляющую прогноз срока годности рыбных пресервов широкого ассортимента. Средствами дисперсионного анализа нами было установлено, что факторами, оказывающими значимое влияние на продолжительность срока годности рыбных пресервов, являются: температура хранения T ($^{\circ}C$), кислотность заливки K (%), показатель протеолитической активности мышечного белка

рыбы ρ (ед.) и скорость созревания мяса рыбы v (град.). В области изменения указанных факторов

$$\begin{cases} -8 \leq T \leq +5; \\ 0,6 \leq K \leq 2,6; \\ 0,03 \leq \rho \leq 1,5; \\ 0,3 \leq v \leq 3,8, \end{cases} \quad (7)$$

нами была реализована схема полного факторного двухуровневого эксперимента, в результате чего для всех сочетаний уровней факторов были получены данные о продолжительности срока годности пресервов. На основании обработки полученных данных была построена адекватная регрессионная модель зависимости срока годности рыбных пресервов от таких факторов, как температура хранения готового продукта, кислотность заливки, соответствующая рецептуре, протеолитическая активность мышечной ткани рыбы, обусловленная видом сырья, и скорость созревания рыбы, обусловленная внесением в пресервы различных созревателей и функционально-технологических добавок:

$$Y = 122,28 - 7 \cdot T - 5,39 \cdot K - 29,86 \cdot \rho - 1,55 \cdot v - 0,21 \cdot T \cdot K - 1,1 \cdot T \cdot \rho + \quad (8) \\ + 0,16 \cdot T \cdot v + 3,4 \cdot K \cdot \rho - 0,12 \cdot \rho \cdot v + 0,68 \cdot T \cdot K \cdot \rho - 0,08 \cdot T \cdot \rho \cdot v.$$

Значение множественного коэффициента детерминации $R^2 = 0,9856$ говорит о высоком качестве полученной модели.

Представленная математическая модель позволяет осуществлять прогноз срока годности рыбных пресервов широкого ассортимента. Однако гораздо более практичной для предприятий и организаций, реализующих этот вид продукции, является интервальная оценка прогнозируемой величины. С помощью статистического критерия Стьюдента мы рассчитали доверительную ошибку (на уровне значимости 0,95) прогнозируемой величины и получили интервальную оценку срока годности пресервов:

$$Y_{\text{mod}} - 2,07 \leq Y \leq Y_{\text{mod}} + 2,07, \quad (9)$$

где Y_{mod} – значение срока годности, рассчитанное по уравнению (8) на векторе $\{X; K; \rho; v\}$ натуральных значений факторов.

Например, значение показателя ρ протеолитической активности мышечной ткани сырья для пресервов, изготовленных из комбинированного фарша, состоящего на 40% из мяса сельди атлантической ($\rho=1,5$) и на 60% из мяса толстолобика ($\rho=0,03$) вычисляется как средневзвешенное:

$$\rho = 0,4 \cdot 1,5 + 0,6 \cdot 0,03 = 0,618.$$

Тогда при кислотности заливки в $K=1,2\%$ и скорости созревания $v=0,8$ град./сут. срок годности пресервов, рассчитанный по формулам (8)-(9), составляет 98-103 суток при температуре хранения $T=0^{\circ}\text{C}$. Расчетные данные коррелируют с данными, полученными экспериментально (срок годности – 2 мес.), но на получение результатов затрачивается значительно меньше времени и материальных ресурсов, чем при экспериментальном тестировании.

Таким образом, математическое моделирование, получившее широкое распространение в пищевой промышленности, позволяет не только оптимизировать режимы технологических процессов, разработать рецептуры, оценить качество готовых продуктов, но и спрогнозировать сроки их годности, что в настоящее время при растущем и часто меняющемся ассортименте значительно сокращает время постановки на производство и снижает материальные затраты при разработке новых видов пищевой продукции, в том числе функционального назначения.

Список литературы

1. Сорокоумов, И.М. Разработка технологии хондроитинсульфат-белкового комплекса из хрящевых тканей рыб: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Иван Михайлович Сорокоумов. – Москва, 2010. – 24 с.
2. Язенкова, Д.С. Обоснование и разработка ресурсосберегающей технологии переработки отходов от разделки промысловых рыб волжско-каспийского

рыбохозяйственного бассейна: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Дарья Сергеевна Язенкова. – Москва, 2013. – 24 с.

3. Мажаров, А.В. Разработка технологии пищевой натуральной добавки из костной ткани гидробионтов: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Александр Владимирович Мажаров. – Калининград, 2011. – 22 с.

4. Чернышова, О.В. Инновационный подход к получению экстрактов пряно-ароматических растений / О.В. Чернышова, М.Е. Цибизова // Наука, образование, инновации: пут развития: Мат. IV Всерос. науч.-практ.конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. – 243 с. – С.161-163.

5. Ибрагим, К.Д. Разработка технологии комплексной переработки плодов и листьев оливкового дерева для создания новых продуктов геродиетического питания: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Камель Дауд Ибрагим. – Краснодар, 2005. – 23 с.

6. Широнова, А.Ю. Кинетические закономерности ферментативного гидролиза белков тканей гидробионтов: эффект способа внесения фермента [текст] / В.Ю. Новиков, С.Р. Деркач, А.Ю.Широнова, В.А.Мухин // Вестник МГТУ: Труды Мурман.гос.техн.ун-та. – Мурманск, 2015. – Т.18, №1. – С. 100-109.

7. Зеленина, Л.С. Разработка методологии проектирования поликомпонентных плавящихся сырных продуктов для питания женщин: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Людмила Сергеевна Зеленина. – Воронеж, 2013. – 16 с.

8. Запорожский, А.А. Реализация принципов пищевой комбинаторики и обособление новых биотехнологических решений в технологии продуктов геродиетического назначения: автореф. дисс. ... д-ра.техн. наук [текст]/ Алексей Александрович Запорожский. – Воронеж, 2009. – 48 с.

9. Добровольская, А.В. Разработка рецептур и технологии кулинарной продукции из творога для питания детей школьного возраста: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Анастасия Владимировна Добровольская. – Краснодар, 2016. – 22 с.

10. Матковская, М.В. Разработка технологии продукции геродиетического питания с применением биологически активных компонентов вторичного рыбного сырья: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Мария Владимировна Матковская. – Калининград, 2016. – 24 с.

11. Бакаева, И.А. Разработка технологии хлеба повышенной пищевой ценности на густой закваске из биоактивированного зерна пшеницы: автореф. дисс. ... канд.техн. наук [текст]/ Ирина Александровна Бакаева. – Воронеж, 2015. – 24 с.

12. Лютова, Е.В. Исследование динамики показателей качества в процессе хранения плавленого сыра с добавлением икры и молотка салаки [текст] / Е.В.Лютова, Н.Ю.Ключко // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – №1(30). – С.29-35.

13. Бочарова-Лескина, А.Л. Совершенствование технологии рыбных пресервов на основании анализа потребительских предпочтений [текст] / А.Л. Бочарова-Лескина, Е.Е.Иванова, О.В.Косенко // Изв.вузов. Пищевая технология. – 2015. – №2-3 (344-345). – С. 53-56.

14. Ratkovsky, D.A. Model of bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic temperature range / D.A. Ratkovsky [et al.] // J. Bacteriol. – 1983. – № 54. – P.1222–1226.

15. Громов, И. А. Формирование улучшенных потребительских свойств охлажденной рыбы путем совершенствования характеристик охлаждающей среды: автореф. дис. ... канд. техн. наук [Текст] / И.А. Громов. – М., 2010.

16. Рогов, И.А. Исследование зависимости срока годности биоферментированных кисломолочных продуктов от осмотических условий и активности воды [Текст] / И.А. Рогов [и др.] // Биотехнология. Вода и пищевые продукты : Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. , г.Москва, 11-13 мар. 2008 г. – Москва, 2013. – С. 323.

17. Бочарова-Лескина, А.Л. Прогнозирование срока годности рыбных пресервов на основании полного факторного эксперимента [Электронный ресурс]/ А.Л. Бочарова-Лескина. Е.Е. Иванова, О.В. Косенко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №10 (094). – С. 691-703. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/46.pdf>

References

1. Sorokoumov, I.M. Razrabotka tekhnologii khondroitinsulfat-belkovogo kompleksa iz khryashchevykh tkaney ryb: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Ivan Mikhaylovich Sorokoumov. – Moskva, 2010. – 24 s.

2. Yazenkova, D.S. Obosnovanie i razrabotka resursosberegayushchey tekhnologii pererabotki otkhodov ot razdelki promyslovykh ryb volzhsko-kaspiyskogo rybokhozyaystvennogo basseyna: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Darya Sergeevna Yazenkova. – Moskva, 2013. – 24 s.

3. Mazharov, A.V. Razrabotka tekhnologii pishchevoy naturalnoy dobavki iz kostnoy tkani gidrobiontov: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Aleksandr Vladimirovich Mazharov. – Kaliningrad, 2011. – 22 s.

4. Chernyshova, O.V. Innovatsionnyy podkhod k polucheniyu ekstraktov pryano-aromaticeskikh rasteniy / O.V. Chernyshova, M.E. Tsibizova // Nauka, obrazovanie, innovatsii: put razvitiya: Mat. IV Vseros. nauch.-prakt.konf. – Petropavlovsk-Kamchatskiy: KamchatGTU, 2013. – 243 s. – S.161-163.

5. Ibragim, K.D. Razrabotka tekhnologii kompleksnoy pererabotki plodov i listev olivkovogo dereva dlya sozdaiya novykh produktov gerodieticheskogo pitaniya: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Kamel Daud Ibragim. – Krasnodar, 2005. – 23 s.

6. Shironina, A.Yu. Kineticheskie zakonomernosti fermentativnogo gidroliza belkov tkaney gidrobiontov: effekt sposoba vneseniya fermenta [tekst] / V.Yu. Novikov, S.R. Derkach, A.Yu.Shironina, V.A.Mukhin // Vestnik MGTU: Trudy Murman.gos.tekhn.un-ta. – Murmansk, 2015. – T.18, №1. – S. 100-109.

7. Zelenina, L.S. Razrabotka metodologii proektirovaniya polikomponentnykh plavlenykh syrnykh produktov dlya pitaniya zhenshchin: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Lyudmila Sergeevna Zelenina. – Voronezh, 2013. – 16 s.

8. Zaporozhskiy, A.A. Realizatsiya printsipov pishchevoy kombinatoriki i obosovanie novykhbiotekhnologicheskikh resheniy v tekhnologii produktov gerodieticheskogo naznacheniya: avtoref. diss. ... d-ra.tekhn. nauk [tekst]/ Aleksey Aleksandrovich Zaporozhskiy. – Voronezh, 2009. – 48 s.

9. Dobrovolskaya, A.V. Razrabotka retseptur i tekhnologii kulinarney produktsii iz tvoroga dlya pitaniya detey shkolnogo vozrasta: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Anastasiya Vladimirovna Dobrovolskaya. – Krasnodar, 2016. – 22 s.

10. Matkovskaya, M.V. Razrabotka tekhnologii produktsii gerodieticheskogo pitaniya s primeneniem biologicheski aktivnykh komponentov vtorichnogo rybnogo syrya: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Mariya Vladimirovna Matkovskaya. – Kaliningrad, 2016. – 24 s.

11. Bakaeva, I.A. Razrabotka tekhnologii khleba povyshennoy pishchevoy tsennosti na gustoy zakvaske iz bioaktivirovannogo zerna pshenitsy: avtoref. diss. ... kand.tekhn. nauk [tekst]/ Irina Aleksandrovna Bakaeva. – Voronezh, 2015. – 24 s.

12. Lyutova, E.V. Issledovanie dinamiki pokazateley kachestva v protsesse khraneniya plavlennogo syra s dobavleniem ikry i molok salaki [tekst] / E.V.Lyutova, N.Yu.Klyuchko // Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov. – 2015. – №1(30). – S.29-35.
13. Bocharova-Leskina, A.L. Sovershenstvovanie tekhnologii rybnykh preservov na osnovanii analiza potrebitelskikh predpochteniy [tekst] / A.L. Bocharova-Leskina, E.E.Ivanova, O.V.Kosenko // Izv.vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2015. – №2-3 (344-345). – S. 53-56.
14. Ratkovsky, D.A. Model of bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic temperature range / D.A. Ratkovsky [et al.] // J. Bacteriol. – 1983. – № 54. – P.1222–1226.
15. Gromov, I. A. Formirovanie uluchshennykh potrebitelskikh svoystv okhlazhdennoy ryby putem sovershenstvovaniya kharakteristik okhlazhdayushchey sredy: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Tekst] / I.A. Gromov. – M., 2010.
16. Rogov, I.A. Issledovanie zavisimosti sroka godnosti biofermentirovannykh kislomolochnykh produktov ot osmoticheskikh usloviy i aktivnosti vody [Tekst] / I.A. Rogov [i dr.] // Biotekhnologiya. Voda i pishchevye produkty : Sb. mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. , g.Moskva, 11-13 mar. 2008 g. – Moskva, 2013. – S. 323.
17. Bocharova-Leskina, A.L. Prognozirovaniye sroka godnosti rybnykh preservov na osnovanii polnogo faktornogo eksperimenta [Elektronnyy resurs]/ A.L. Bocharova-Leskina. E.E. Ivanova, O.V. Kosenko // Nauchnyy zhurnal KubGAU. – 2013. – №10 (094). – S. 691-703. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/46.pdf>