



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет
The Far Eastern State Technical Fisheries University

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Scientific Journal of DALRYBVTUZ Vol. 43

Том

43

Адрес редакции:
Россия, 690087, Владивосток,
ул. Луговая, 526
телефон/факс: (423) 244-11-76
e-mail: nauch-tr@dgtru.ru
сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

4 • 2017

Научные труды Дальрыбвтуза. 2017. № 4 (т. 43)

Сборник научных статей
Издается с 1996 г.
Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» Адрес: Россия, 690087, Владивосток, ул. Луговая, 52б; e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

Главный редактор – Н.Н. Ковалев, доктор биологических наук, проректор по научной работе.

Научный редактор – В.Д. Богданов, доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь – Т.В. Ломакина, начальник редакционно-издательского отдела.

Редакционная коллегия:

Т.Н. Пивненко, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Т.Е. Буторина, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

В.В. Плотников, доктор географических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Нгуен Ву Тхань, профессор, доктор наук, Департамент нематодологии Института экологии и биологических ресурсов Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ);

О.Н. Кручинин, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ТИНРО-Центр»;

О.А. Иванов, доктор биологических наук, зав. лабораторией прикладной биоценологии ФГБНУ «ТИНРО-Центр»;

Ю.А. Кузнецов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Чан Яцин, профессор, доктор наук, директор колледжа рыболовства и биологических наук Даляньского океанического университета;

А.Н. Соболенко, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Б.И. Руднев, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

Г.П. Кича, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г.И. Невельского»;

Э.Н. Ким, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»;

В.А. Гроховский, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Мурманский ГТУ»;

С.А. Бредихин, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «МГУПБ»;

Ю.А. Фатыхов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский ГТУ»

Технический секретарь – Е.В. Денисова, заместитель начальника научного управления

СОДЕРЖАНИЕ

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ	5
<i>Гайко Л.А.</i> Современные подходы к прогнозированию урожайности гидробионтов в хозяйствах марикультуры с применением климатической информации	5
<i>Ковалев Н.Н., Позднякова Ю.М., Суховерхова Г.Ю.</i> Обоснование состава кормов для молоди дальневосточного трепанга	12
<i>Харченко И.И., Маринюк М.М., Ткаченко Г.М., Буюн Л.И., Пажонтка-Липинский П., Виташек М., Осадовский З.</i> Общая антиоксидантная активность мышечной ткани радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum) в исследованиях in vitro с экстрактами из листьев различных сортов камелии японской (<i>Camellia japonica</i> L.)	18
<i>Маринюк М.М., Харченко И.И., Ткаченко Г.М., Буюн Л.И., Виташек М., Пажонтка-Липинский П., Осадовский З.</i> In vitro исследование маркеров перекисного окисления липидов в мышечной ткани радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum) при инкубации с экстрактами из листьев различных видов <i>Sansevieria</i> Thunb. (<i>Asparagaceae</i>).....	27
ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА.....	35
<i>Балабаев С.М., Ивина Н.Ф.</i> Математическая модель гидроакустического пьезопреобразователя в форме полого эллиптического цилиндра	35
<i>Мироненко М.В., Бакланов Е.Н., Стародубцев П.А., Пичугин К.А.</i> Краткий анализ перспективных технологий создания позиционных гидроакустических средств комплексного мониторинга океана	42
ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	48
<i>Волченко В.И., Глухарев А.Ю.</i> Оптимизация рецептурного состава нового вида вареных колбасных изделий с добавлением рыбного сырья.....	48
<i>Максимова С.Н., Слуцкая Т.Н., Федосеева Е.В., Панчишина Е.М., Ким А.Г.</i> Технология нового сушеного продукта из трепанга.....	62
<i>Карпенко Ю.В., Краценко В.В.</i> Продолжительность измельчения сырья при производстве рыбных студней.....	67
<i>Пивненко Т.Н., Позднякова Ю.М., Ковалев А.Н.</i> Исследование способов получения низкомолекулярного коллагена из медузы ропилемы <i>Rhopilema Asamushi</i>	74
<i>Тунгусов Н.Г., Шадрин Е.В., Богданов В.Д.</i> Техническое обеспечение основных процессов комбинированной технологии производства кормовой добавки из морских звезд	83
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ	89
<i>Крикун А.И.</i> Исследование зернистых материалов при водоподготовке.....	89

CONTENTS

ICHTHYOLOGY. ECOLOGY	5
<i>Gayko L.A.</i> Modern approaches to forecasting of productivity of aquatic organisms in mariculture farming with the use of climate information	5
<i>Kovalev N.N., Pozdnyakova Y.M., Sukhoverhova G.Y.</i> Justification of feed-stuff composition for far eastern trepang whitebait	12
<i>Kharchenko Igor, Maryniuk Myroslava, Tkachenko Halyna, Buyun Lyudmyla, Pażontka-Lipiński Paweł, Witaszek Marlena, Osadowski Zbigniew.</i> Total antioxidant activity of the muscle tissue of the rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum) under incubation with extracts from leaves of various cultivars of <i>Camellia japonica</i> l.	19
<i>Maryniuk Myroslava, Kharchenko Igor, Tkachenko Halyna, Buyun Lyudmyla, Witaszek Marlena, Pażontka-Lipiński Paweł, Osadowski Zbigniew.</i> <i>In vitro</i> study of lipid peroxidation markers in the muscle tissue of the rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum) under incubation with extracts from leaves of various species of <i>Sansevieria</i> Thunb. (<i>Asparagaceae</i>).....	28
INDUSTRIAL FISHERIES. ACOUSTICS	35
<i>Balabaev S.M., Ivina N.F.</i> Mathematical model of hydroacoustic piezotransducer in the form of a hollow elliptic cylinder	35
<i>Mironenko M.V., Baklanov E.N., Starodubtcev P.A., Pichugin K.A.</i> Brief analysis of perspective technologies of positional hydroacoustic means of complex monitoring of the ocean.....	42
TECHNOLOGY AND QUALITY CONTROL OF FOOD PRODUCTS	48
<i>Volchenko V.I., Glukharev A.Yu.</i> Optimization of the recipe composition of a new kind of baked sausage product with addition of fish raw materials	48
<i>S.N. Maksimova, T. N. Slutskaya, E.V.Fedoseeva, A.G.Kim.</i> The technology of the new product from dried sea cucumber	62
<i>Karpenko Yu.V., Krachshenko V.V.</i> The duration of raw material fine comminution in fish gel production.....	67
<i>Pivnenko T.N., Pozdnyakova Yu. M., Kovalev A.N.</i> Research of methods of preparation of low-molecular collagen from jelly-fish ropilema <i>Rhopilema Asamushi</i>	74
<i>Tungusov N.G., Shadrina E.V., Bogdanov V. D.</i> Technical support of the core processes combined technology for the production of feed additive from the sea stars.....	83
TECHNOLOGICAL AND TRANSPORTATION EQUIPMENT OF FISHERIES	
<i>Krikun A.I.</i> Research of grain materials at water treatment	89

ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 661.464

Л.А. Гайко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ УРОЖАЙНОСТИ ГИДРОБИОНТОВ В ХОЗЯЙСТВАХ МАРИКУЛЬТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Прогноз урожайности моллюсков имеет большое значение для нормального функционирования хозяйств марикультуры. Существующие методы прогноза основываются на выявлении эмпирических взаимосвязей между биологическим и гидрологическим факторами. Предпринята попытка разработки методов долгосрочного прогноза урожайности моллюсков на основе агрометеорологических прогнозов. Рассматривается формирование новой концепции сельскохозяйственной метеорологии – морской, направленной на информационную поддержку хозяйств марикультуры с целью создания научно обоснованных методов долгосрочного прогноза урожайности моллюсков в хозяйствах марикультуры Приморья.

Ключевые слова: гидробионты, марихозяйства, моллюски, прогноз урожайности, спат приморского гребешка, схема прогноза.

L.A. Gayko

MODERN APPROACHES TO FORECASTING OF PRODUCTIVITY OF AQUATIC ORGANISMS IN MARICULTURE FARMING WITH THE USE OF CLIMATE INFORMATION

Forecast the yield of mollusks is of great importance for the normal functioning of mariculture farming. Existing methods of prediction rely on identifying empirical relationships between biological and hydrological factors. The work attempted to develop methods of long-term forecast of the yield of mollusks on the basis of agrometeorological forecasts. Discusses the formation of a new concept of agricultural meteorology – marine aimed at information support of mariculture farming with the aim of creating evidence-based methods long-term forecast the yield of mollusks in the mariculture farms of Primorye.

Key words: the aquatic, marine, farm, mollusk, yield forecast, spat scallop, the scheme of the forecast.

Введение

В настоящее время перспективным направлением исследования прибрежной зоны моря является поиск путей к увеличению биологических ресурсов. Одним из таких путей является марикультура – разведение морских животных и растений. Наличие закрытых бухт и заливов, высокая продуктивность прибрежных вод и их сравнительная чистота позволяют считать Приморский край регионом, весьма перспективным для развития марикультуры. Одним из традиционных объектов культивирования является приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* (Jay), так как обладает высокими темпами роста и прекрасными вкусовыми качествами. В Приморье первое опытно-промышленное морское хозяйство для

товарного выращивания приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) было создано в зал. Посъета в 1970 г. За основу культивирования приморского гребешка был принят японский опыт разведения моллюсков в естественной среде путем сбора личинок и последующего их подрощивания на искусственных субстратах – коллекторах [1].

В Приморском крае выращивание гидробионтов в хозяйствах марикультуры в основном производится экстенсивным методом, т.е. в естественной среде, поэтому они находятся в большой зависимости от влияния факторов внешней среды, особенно климатических. Для рентабельного функционирования хозяйства марикультуры большое значение приобретает возможность планирования урожайности моллюсков, т.е. необходимо создание научно обоснованных методов прогноза урожайности.

Методы исследований

Существующие методики прогнозирования плотности спата приморского гребешка в основном разработаны на Экспериментальной морской базе «Посъет» и основаны на выявлении эмпирических зависимостей между биологическими и гидрологическими показателями, которые в различных комбинациях использовались при составлении прогнозов [2, 3, 4].

По заблаговременности все прогнозы, применяемые в марикультуре для предсказания урожайности, можно разделить на три группы: долгосрочные, краткосрочные и текущие. *Долгосрочные* прогнозы имеют заблаговременность до четырех месяцев и составляются на основе многолетних биологических, гидрометеорологических и фенологических наблюдений. Точность долгосрочных прогнозов зависит от длительности ряда наблюдений и объема собранного многолетнего материала. *Краткосрочные* прогнозы охватывают период в несколько суток до начала нереста. Для составления такого прогноза из природных популяций делается выборка половозрелых моллюсков и производится биологический анализ. *Текущие* прогнозы выполняются после начала оседания личинок на коллекторы. В случае появления в планктоне новых генераций личинок можно рекомендовать дополнительный сбор спата или предлагать меры, предохраняющие коллекторы от избыточного оседания.

Такой подход к прогнозированию плотности спата приморского гребешка, основанный на выявлении эмпирических зависимостей, целиком локализован в пространстве и времени. При этом основное внимание уделяется поиску прямых эмпирических связей между средой и объектом, и используются общеизвестные методы формального статистического анализа. Но применение прогноза только в этом аспекте значительно ограничивает возможности гидрометеорологического обслуживания хозяйств марикультуры и не позволяет составить прогнозы с большой заблаговременностью. Для решения задачи прогнозирования урожайности моллюсков необходим принципиально новый подход, основанный на использовании для хозяйств марикультуры в прогностических целях климатической информации, которая давно применяется при составлении прогнозов в агрометеорологии [5, 6].

Результаты и их обсуждение

Выбор метода прогноза. Настало время смены парадигм, новая методология должна базироваться на моделировании причинно-следственных связей между гидрометеорологическими условиями и продуктивностью марихозяйств, т.е. необходимо соединение описательного гидробиологического подхода и агрометеорологического, с присущей ему комплексностью и глубиной анализа явлений и процессов на количественной основе. Основными методами, с помощью которых ведутся разработки прогностических моделей «погода–урожай» в сельском хозяйстве, являются статистические, динамико-статистические, физико-статистические и синоптико-статистические [7].

В данной работе применен принципиально новый подход к прогнозированию урожайности молоди приморского гребешка. Предлагается новое направление агрометеороло-

гии – *морское*, которое изучает влияние погодных условий и состояния морской среды на объекты культивирования. Урожайность морских культур, так же, как и сельскохозяйственных, является функцией большого количества факторов, поэтому исходная информация должна содержать необходимое оптимальное количество информативных предикторов. Так же, как агрометеорология, её морское направление базируется на методах математической статистики и теории вероятности. Статистические методы основаны на оценке как синхронных, так и асинхронных корреляционных зависимостей между значениями различных гидрометеорологических элементов и объектом.

Предлагаемый метод прогноза урожайности учитывает реально существующие связи между погодой и особенностями атмосферной циркуляции в предшествующий период, с одной стороны, и урожайностью, формирующейся под влиянием этой погоды, с другой стороны. Такой подход к проблеме прогнозирования нами заимствован из агрометеорологии [8, 9]. В долгосрочном прогнозировании урожаев в морском фермерстве, помимо погодных условий и состояния морской среды, необходимо учитывать и факторы, связанные с биологическими особенностями объектов культивирования и технологии их выращивания. И здесь с успехом могут быть применены физико-статистические методы, используемые для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур и позволяющие составлять прогнозы урожайности биологических объектов различной заблаговременности.

В свою очередь, синоптико-статистические методы прогноза урожайности сельскохозяйственных культур разрабатывались на основе методов долгосрочных прогнозов погоды [10], учитывающих множество факторов, поэтому целесообразно строить многопараметрические схемы прогноза.

Временной ряд урожайности как в сельскохозяйственном производстве, так и в марикультуре является нестационарным, так как колебания урожайности обусловлены уровнем агротехники, долгопериодными колебаниями климата и т.п. Как любой нестационарный процесс он может быть представлен в виде суммы двух основных составляющих – неслучайной и случайной. Известный агрометеоролог А.Н. Полевой [5] предложил в качестве неслучайной составляющей ряда урожайности E_t использовать трендовую, обусловленную культурой агротехники и долгопериодными колебаниями климата; а в качестве случайной составляющей урожайности ΔP_t – отклонения урожая от тренда, обусловленные преимущественно погодой конкретного года t :

$$P_t = E_t \pm \Delta P_t. \quad (1)$$

Это предположение легло в основу разработанного нами метода долгосрочного прогноза урожайности гребешка.

Выбор наиболее информативных предикторов. На первом этапе создания научно обоснованной модели долгосрочного прогноза урожайности проводится подбор наиболее информативных предсказателей, влияющих на биологический объект и на технологию его выращивания. Предикторы входят в прогностические схемы и являются элементами единой физической системы. Взаимосвязь между абиотическими факторами и урожаем можно схематически представить в таком виде: влияние гелиофизических факторов на Землю → взаимодействие атмосферы и подстилающей поверхности (гидросфера и литосфера) над Дальним Востоком → тип погоды в Приморье → микроклимат → гидрологический режим прилегающей акватории → урожайность.

При разработке метода прогноза урожайности приморского гребешка в качестве предиктанта использовалась урожайность моллюсков. Под термином «урожайность» понимается количество осевшей на 1 м^2 сетного коллектора молоди (спата) приморского гребешка, выраженное в экземплярах на квадратный метр.

Разработка модели прогноза. На втором этапе исследуется временной ряд урожайности марихозияства. По аналогии с агрометеорологией, урожайность моллюсков P_t рассматривается как сумма двух основных составляющих: неслучайной, или трендовой E_t , обусловленной культурой агротехники и долгопериодными колебаниями климата, и случайной составляющей ΔP_t , которая определяется погодными особенностями конкретного года t (1).

На основании анализа распределения отклонений от тренда весь исходный ряд урожайности условно делится на три группы лет: высокоурожайные (выше тренда), низкоурожайные (ниже тренда) и среднеурожайные (около тренда).

Выделение неслучайной, или трендовой, составляющей урожайности производится при помощи аналитических функций. Для расчета случайной составляющей при построении прогностической схемы за основу была взята трехуровневая модель, которую успешно применила Н.М. Пестерева для прогноза урожая риса в Приморье [9]. Подобный подход применительно к марикультуре был использован автором впервые.

Разработанная автором модель прогноза урожая моллюсков ΔP учитывает одновременно состояние морской среды, приземных слоев атмосферы, тропосферную циркуляцию, циркуляцию в стратосфере и гелиофизические факторы:

$$\Delta P = a_1 (A_1, A_2) + a_2 B + a_3 (C_1, C_2, C_3) + a_4, \quad (2)$$

где a_1, a_2, a_3 и a_4 – коэффициенты уравнения; $A_1, A_2, B, C_1, C_2, C_3$ – предикторы, учитывающие: A – факторы, влияющие на весь земной шар или Северное полушарие (солнечная активность, солнечные и лунные затмения, положение и интенсивность циркумполярного вихря); B – факторы, влияющие на Дальневосточный регион (формы атмосферной циркуляции, типы синоптических процессов); C – факторы, влияющие непосредственно на район культивирования (температура воды и воздуха, солёность, ветер, длительность ледового периода, характеристики различных биологических периодов: даты начала этих периодов, их продолжительность и т.д.).

Схемы прогноза строились для марихозияства, расположенного в бухте Миносок, зал. Посъета. На основании анализа особенностей гидрометеорологического режима акватории зал. Посъета, термогалинных условий различных периодов годового цикла развития гребешка, литературного анализа абиотических факторов, влияющих на приморский гребешок, и с учетом того, что прогностическая схема должна быть многоуровневой, был проведен качественный отбор возможных предсказателей. Полученные предикторы были сгруппированы по группам:

Группа I (A) – космофизические: солнечная активность (числа Вольфа), солнечные и лунные затмения, солнечное сияние; *циркуляция стратосферы:* положение и интенсивность циркумполярного вихря.

Группа II (B) – синоптические: формы атмосферной циркуляции, типы синоптических процессов.

Группа III (C) – метеорологические: аномалии температуры воздуха, давление воздуха, сумма атмосферных осадков за весенне-летний период, скорость ветра, число дней с различными типами погоды; *гидрологические:* аномалии поверхностной температуры и солёности морской воды, продолжительность ледового периода; *биологические:* продолжительность периодов жизненного циклов гребешка (периоды нереста, оседания личинок, гаметогенеза); термогалинные характеристики этих периодов; *комплексные:* сумма градусодней воды за отдельные месяцы, разность температур воды и воздуха в теплый и холодный периоды, а также по отдельным месяцам; коэффициенты вариации; суммы градусод-

ней и значений солености, т.е. суммы среднесуточных значений элементов для каждого из четырех периодов от даты начала периода до даты его окончания.

На рис. 1 представлена блок-схема физико-статистического прогноза урожайности спата приморского гребешка. Блок-схема состоит из блока исходной информации, блока преобразования и блока прогноза. Основные положения исследования изложены в работе автора [3].

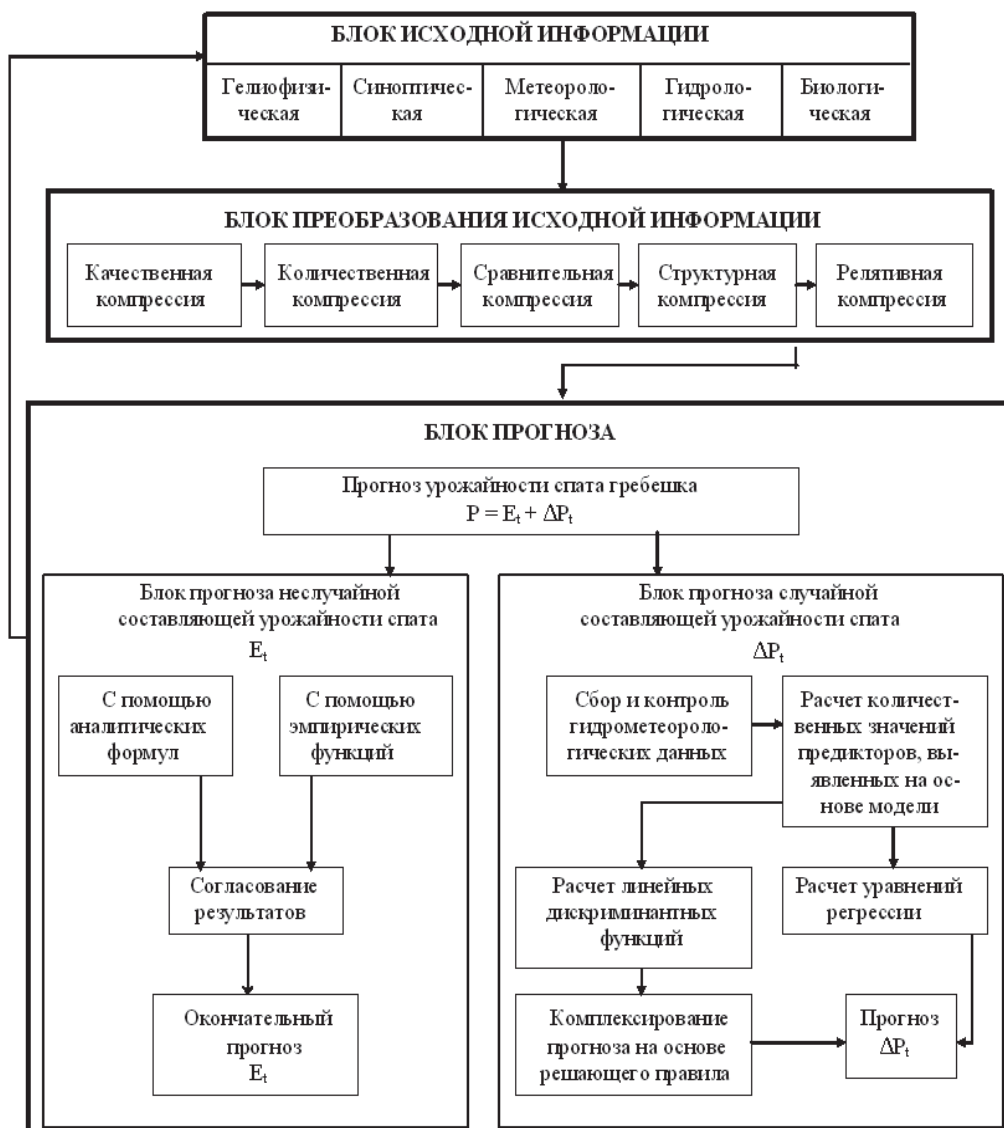


Рис. 1. Блок-схема физико-статистического прогноза урожайности спата приморского гребешка
Fig. 1. The block diagram of the physico-statistical forecast of yield of Spata scallop

Таким образом, для создания конкретной прогностической физико-статистической модели и расчетного способа прогноза урожайности количества спата приморского гребешка в марихозиястве необходимо выполнить следующие этапы:

- выявить особенности влияния факторов внешней среды на преднерестовый, нерестовый и личиночный периоды в годы с высоким и низким урожаями;
- провести формализацию представленной схемы прогноза;
- проверить работу схемы на фактическом материале;

- отобрать наиболее оптимальные схемы прогноза.

Поскольку алгоритм схемы прогноза основан на статистических методах с учетом геофизических, синоптических и гидрометеорологических особенностей, то правильнее её назвать физико-синоптико-статистической.

Основой для принятия решений в хозяйствах марикультуры (определение сроков выставления и количества коллекторов, притапливание установок и т.д.) могут являться долгосрочные прогнозы погоды, прогнозы урожайности моллюсков и специализированные (связанные с биологическими параметрами) прогнозы.

Для наглядности и маневренности в принятии решений согласно полученным прогнозам рекомендуется составлять гидрометеоролого-технологические схемы (рис. 2).

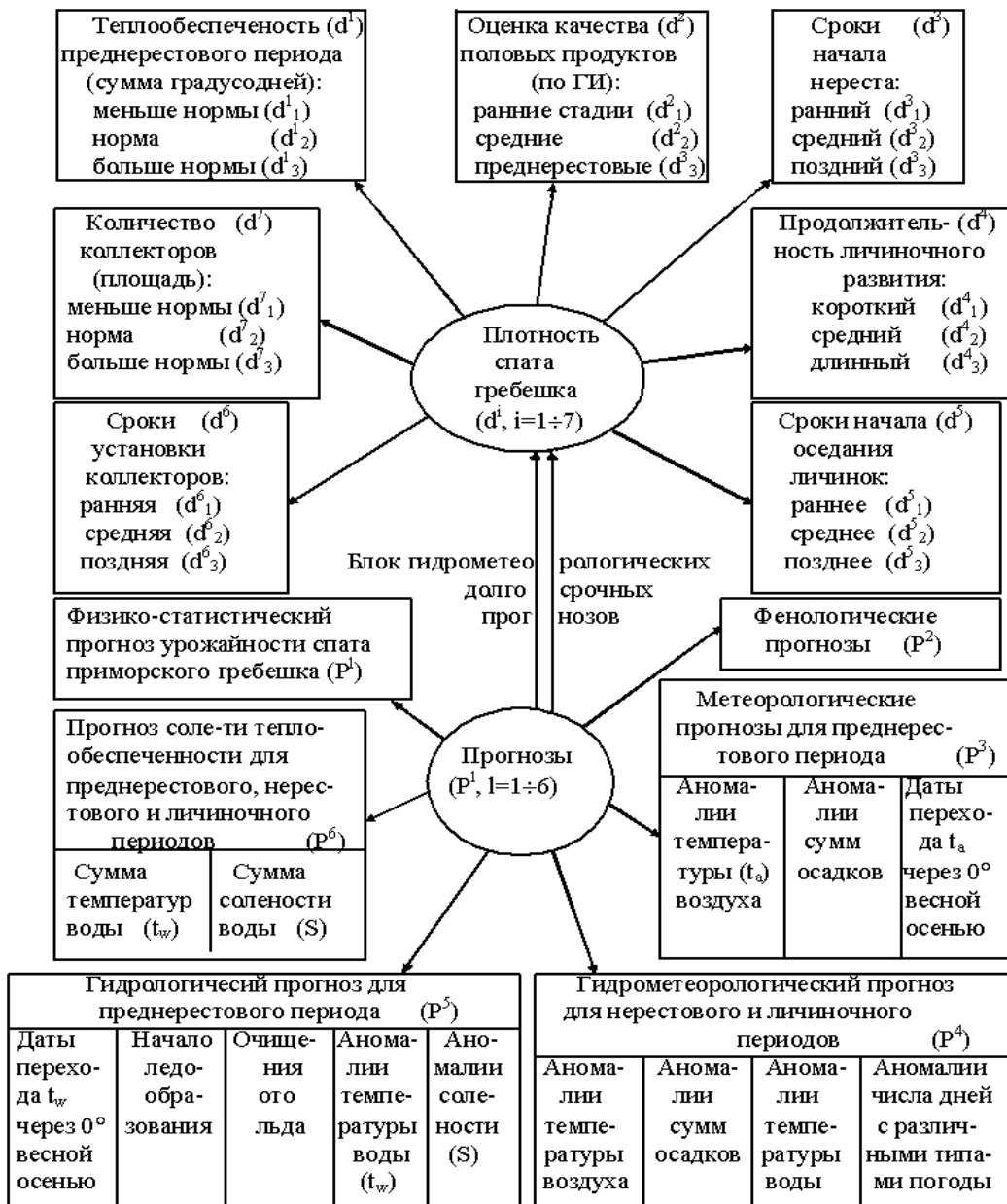


Рис. 2. Гидрометеоролого-технологическая блок-схема хозяйственных решений d^i и гидрометеорологических долгосрочных прогнозов P^i , необходимых для их принятия
 Fig. 2. Hydrometeorologi-process flow diagram of economic decisions d^i and hydrometeorological long-term forecasts P^i , necessary for their adoption

Важным прикладным направлением морской агрометеорологии является создание систем различного уровня для информационного обслуживания марихозяйств, составление гидрометеоролого-технологических блок-схем хозяйственных решений [11], гидрометеорологических прогнозов различной заблаговременности (до 9 месяцев), необходимых для их принятия, и рекомендации по выбору хозяйственных решений, связанных с производством приморского гребешка.

Выводы

Таким образом, морское направление агрометеорология – это наука, которая изучает реально существующие связи между абиотическими факторами (гелиофизическими параметрами, атмосферной циркуляцией, параметрами приземных слоёв атмосферы, погодой, параметрами водной среды и т. п.) в предшествующий период и урожайностью культивируемых культур, формирующейся под влиянием этих условий, на основании которых строятся прогностические модели.

Основными методами, с помощью которых ведутся разработки прогностических моделей «погода–урожай», являются статистические, динамико-статистические, физико-статистические и синоптико-статистические.

При разработке метода прогноза урожайности приморского гребешка в качестве предиктанта использовалась урожайность моллюсков, а в качестве предикторов – факторы, влияющие как на весь земной шар (или Северное полушарие); так и на Дальневосточный регион и непосредственно на район культивирования.

Полученные результаты позволяют надеяться на то, что данный метод прогноза получит применение в марихозяйствах.

Список литературы

1. Ито С. Разведение морского гребешка у охотоморского побережья о. Хоккайдо. Изд. "Нихон Суйсан Сиггэн Кекай": пер. с яп. № 54598. Владивосток, 1966. 48 с.
2. Белогрудов Е.А. Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М. : Агропромиздат, 1987. С. 66–71.
3. Гайко Л.А. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток : Дальнаука, 2006. 204 с.
4. Раков В.А. Рост и выживаемость личинок тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*) в планктоне залива Посъета (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1979. Т. 103. С. 79–85.
5. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л. : Гидрометеоиздат, 1988. 176 с.
6. Уланова Е.С., Сиротено О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. Л. : Гидрометеоиздат, 1968. 198 с.
7. Жуковский Е.Е., Сепп Ю.В., Тооминг Х.Г. Вероятностные прогнозы эталонных урожаев // Метеорология и гидрология. 1990. № 1. С. 95–102.
8. Пасов В.М. Путь увеличения заблаговременности составления прогноза урожая сельскохозяйственных культур // Тр. ИЭМ. 1971. Вып. 22. С. 82–88.
9. Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. Л. : Гидрометеоиздат, 1990. 160 с.
10. Свинухов Г.В. Синоптико-статистические методы долгосрочных прогнозов погоды на Дальнем Востоке // Тр. ДВНИГМИ. 1977. Вып. 65. 168 с.
11. Жуковский Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения. Л. : Гидрометеоиздат, 1981. 302 с.

Сведения об авторе: Гайко Лариса Афанасьевна, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, e-mail: gayko@yandex.ru.

УДК 639.3.043 + 639.55

Н.Н. Ковалев, Ю.М. Позднякова, Г.Ю. Суховерхова
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА КОРМОВ ДЛЯ МОЛОДИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА

Проведено обоснование состава кормовых смесей для молоди дальневосточного трепанга с использованием биостимулирующих компонентов – холестерина и ДНК. Экспериментально установлено, что наибольшие привесы массы тела трепанга наблюдались при использовании кормов, в состав которых входит ДНК молок лососевых в дозировке 1 г/кг корма (корм № 3) и корм № 6, содержащий холестерин и ДНК.

Ключевые слова: трепанг, корма, молодь, холестерин, ДНК.

N.N. Kovalev, Y.M. Pozdnyakova, G.Y. Sukhoverhova **JUSTIFICATION OF FEED-STUFF COMPOSITION FOR FAR EASTERN TREPANG WHITEBAIT**

The justification of feed compound composition for the whitebait of Far Eastern trepang is substantiated using biostimulating components of cholesterol and DNA was conducted. It has been experimentally established that the largest weight gain of trepang was observed with the use of feeds containing DNA of salmon milt at a dosage of 1 g / kg of feed (feed No. 3) and feed No. 6 containing cholesterol and DNA.

Key words: trepang, feed-stuff, whitebait, cholesterol, DNA.

Введение

Марикультура является важной составляющей рыбохозяйственной отрасли многих стран, и ее доля в экономике непрерывно возрастает.

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* как объект выращивания в марикультуре является одним из самых дорогих и востребованных на международном рынке морепродуктов. Товарное выращивание дальневосточного трепанга широко развито и применяется в Японии, Китае, Южной Корее и КНДР.

Основная проблема в трепанговодстве, так же, как и в любой аквакультуре – это получение в нужное время необходимого количества определенных кормов. На разных стадиях развития требуются различные виды кормов. Для личиночных стадий развития трепанга – это одноклеточные водоросли (*Dunaliellasp.*, *Dicrateteteriasp.*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetocerossp.*, *Isochrysis* и др.). Когда осевшие личинки превращаются в молодь трепанга и достигают размеров 2 мм, их необходимо кормить «водорослевыми салатами». Это мелко измельченные свежие водоросли или размоченный и отфильтрованный препарат из порошка сушеных растений [1].

Корма для молоди трепанга – это одна из нерешенных проблем аквакультуры. Для пополнения запасов этого важного объекта необходимо решить вопрос обеспечения кормами молоди на индустриальном уровне, а именно, за счет высококачественных искусственных кормов собственных разработок с учетом международного опыта.

Проведенный анализ патентной и научной литературы показал, что в корма для молоди трепанга включают растительные компоненты на основе различных водорослей (ламинария, анфельция, цистозира, сахарина) [1, 2]. Кроме того, важным компонентом пищи дальневосточного трепанга являются микроорганизмы, на долю которых приходится от 30 до 100 % органического углерода в грунте [3]. В последнее время в качестве добавок для

корма трепанга применяют животное сырье: смесь рыбных отходов и отходов моллюсков, рыбную муку и др. [4]. Используются также методы биоконверсии многокомпонентных систем при производстве кормов. Способ приготовления корма для иглокожих включает смешивание животного и растительного сырья, ферментирование, гомогенизирование, где в качестве животного сырья используют рыбные отходы, в качестве растительного сырья – ламинарию [5].

Целью работы являлось обоснование и разработка кормов для молоди трепанга в условиях искусственного разведения на предприятиях мариккультуры.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служила молодь трепанга заводского выращивания на базе научно-производственного департамента мариккультуры (НПДМ) ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» в бухте Северной (зал. Славянка). Молодь трепанга содержалась в ваннах с проточной водой при плотности посадки 230 экз. на 1 дм². Кормление трепанга осуществляли 2 раза в сутки из расчета 100 мг на 1 особь.

За основу разрабатываемого способа получения стартового комбинированного корма для молоди трепанга взят способ, который включает измельчение сухих компонентов, их смешивание, фасование, упаковку в тару, укупорку и хранение корма [6]. В состав корма входят следующие компоненты в количестве, мас. %: саргассум – 40,0–50,0, мягкие непищевые ткани дальневосточных моллюсков после разделки – 10,0, соевая мука – 5,0, рыбная мука – 5,0, природный детрит, листья или корни элеутерококка – 20,0–30,0.

В состав рецептуры разрабатываемого корма входили: сушеная ламинария, рыбная мука, соевый шрот, измельченные раковины двустворчатых моллюсков и сублимированные внутренности трепанга в соотношении 4 : 2 : 1 : 3 : 0,05. В качестве биологически активных компонентов в рецептуры кормов вносили: холестерин в количестве 20 (корм № 1), 30 (корма № 5 и № 6) и 40 г (корм № 2) и ДНК из молок лососевых в количестве 1 г (корма № 3 и № 5) и 5 г (корма № 4 и № 6) на 1 кг массы корма.

Об эффективности кормов судили по привесу массы трепанга.

Результаты и их обсуждение

Эксперимент по подращиванию мальков трепанга проводился на базе НПДМ в бухте Северной. Эксперимент по оценке влияния рецептур кормов на массу тела трепанга включал 6 групп экспериментальных животных в соответствии с номером рецептуры корма (табл. 1).

Таблица 1

Рецептуры стартовых кормов трепанга, г

Table 1

Recipes for feedstuff for trepang, g

Номер рецептуры	Лами- нария	Рыбная мука	Холе- стерин	Соевый шрот	ДНК лосося	Ракуш- ка	Внутрен- ности тре- панга сухие
Контроль	400	200	-	100	-	300	5
1	400	200	20	100	-	300	5
2	400	200	40	100	-	300	5
3	400	200	-	100	1	300	5
4	400	200	-	100	5	300	5
5	400	200	30	100	1	300	5
6	400	200	30	100	5	300	5

Как известно, холестерин в организме голотурий не синтезируется, а поступает только с пищей. В то же время холестерин в организме выступает в роли основного строительного материала для клеточных мембран. Кроме того, он принимает участие в синтезе половых гормонов, желчных кислот и витамина D [7, 8]. В организме голотурий холестерин является основным химическим веществом, из которого синтезируются тритерпеновые гликозиды. Гликозиды помимо защитной (токсичной для хищников) функции выполняют роль иммуномодулятора, антимикробного и антигрибкового вещества, способствующего выживанию голотурий в водной среде. Поэтому использование холестерина для приготовления кормов трепанга целесообразно.

Обоснование использования в качестве биологически активного компонента ДНК молок рыб основывается на полученных ранее данных. Область применения препаратов ДНК довольно широка. Например, ДНК со сравнительно низкой молекулярной массой применяется для профилактики инфекционных заболеваний [9], активации репарационных процессов [10]. Анализ данных показывает, что биологическая активность ДНК основывается на интенсификации и коррекции внутриклеточного метаболизма всех систем организма, а также регуляции количественного состава клеток и межклеточных взаимоотношений, их активации в норме и патологии. Таким образом, можно сделать вывод о перспективности использования холестерина и ДНК для получения кормов с высокими биостимулирующими свойствами.

За время эксперимента проведено определение массовых характеристик молоди трепанга в период с 09.06 по 20.09.2016 (табл. 2).

Таблица 2

Влияние кормов с различной рецептурой на массу тела мальков трепанга, г.

Table 2

Influence of fodders with different recipes on the weight of the body trephang whitebait, g

Дата	Корм № 1	Корм № 2	Корм № 3	Корм № 4	Корм № 5	Корм № 6	Контроль
09.06.2016	(n=30)	(n=30)	(n=30)	(n=30)	(n=30)	(n=30)	(n=30)
min-max	0,12–2,6	0,14–2,93	0,09–0,57	0,05–0,97	0,14–0,99	0,07–0,99	0,11–0,84
Средняя масса	0,51	0,61	0,23	0,38	0,35	0,23	0,25
09.07.2016	(n=24)	(n=27)	(n=23)	(n=25)	(n=24)	(n=25)	(n=26)
min-max	0,07–8,11	0,25–10,65	0,19–2,92	0,19–3,89	0,08–3,54	0,11–4,57	0,22–4,42
Средняя масса	2,04	2,4	0,94	1,45	1,43	0,84	1,32
12.08.2016	(n=24)	(n=26)	(n=23)	(n=22)	(n=24)	(n=21)	(n=25)
min-max	0,16–16,3	0,28–10,53	0,33–8,72	0,4–5,83	0,27–7,52	0,07–7,15	0,36–8,81
Средняя масса	3,61	4,14	3,5	2,83	2,34	2,23	2,72
20.09.2016	(n=23)	(n=24)	(n=24)	(n=21)	(n=21)	(n=24)	(n=17)
min-max	0,35–9,65	0,19–13,0	0,11–3,84	0,18–2,28	0,14–10,1	0,17–5,16	0,2–10,4
Средняя масса	2,23	3,21	2,22	1,36	2,02	2,04	2,07
Выживаемость, %	76,7	80,0	80,0	70,0	70,0	80,0	56,7

Во-первых, отмечен рост массы молоди трепанга в указанный период по сравнению с массой трепанга, измеренной 09.06.2016. Наибольший привес массы трепанга отмечался

при использовании рецептур № 3 и № 5. Наименьший привес массы трепанга отмечался при использовании корма № 6.

Вычисление величины среднесуточного привеса с начала эксперимента показало, что использование экспериментальной рецептуры № 3 (с ДНК молок лососевых) дает максимальное значение этого показателя – 22,6 %. Практически в 2 раза более низкое значение среднесуточного привеса (13,8 %) получено при использовании рецептуры № 6, в состав которой входят ДНК молок лососевых и холестерин. Остальные использованные рецептуры показывали значения среднесуточного привеса в пределах 9,0–10,2 %.

Следует отметить, что за тот же период использование контрольного корма способствовало 15,8%-му среднесуточному привесу массы трепанга.

Применение экспериментальных рецептур в течение 101 дня (с 09.06 по 20.08.2016) характеризуется снижением вышеперечисленных показателей. Так, привес массы трепанга за весь период эксперимента при использовании экспериментальных рецептур варьировал в пределах 0,98–2,6 г. Полученные данные оказались ниже значений, полученных 12.08.2016, когда значение привеса составляло 2,23–4,14 г. Ко времени окончания эксперимента оказались также значительно ниже и значения среднесуточных привесов. Тем не менее следует отметить, что наибольшие привесы массы тела при использовании кормов в течение 101 дня отмечались при использовании рецептур, в состав которых входит ДНК молок лососевых в дозировке 1 г/кг корм (№ 3), и корм № 6, содержащий холестерин и ДНК, 8,57 и 7,79 % соответственно. Сравнимые результаты среднесуточного привеса к окончанию эксперимента определены и для контрольного корма.

Исследование динамики показателей прироста массы молоди трепанга, по сравнению с данными посадочного материала, свидетельствуют о зависимости изменений массы от использованных кормов (табл. 3). Так, использование экспериментальных рецептур кормов (№ 1–6) сопровождалось приростом массы тела молоди трепанга за 1 месяц на 365–409 %. Прирост массы тела при использовании контрольного корма (без добавления БАВ) составлял 528 %. На основании полученных данных можно сделать заключение, что в первый месяц экспериментального содержания для молоди трепанга наиболее важным компонентом является белковый компонент корма.

Таблица 3

Динамика показателей прироста массы молоди трепанга, %

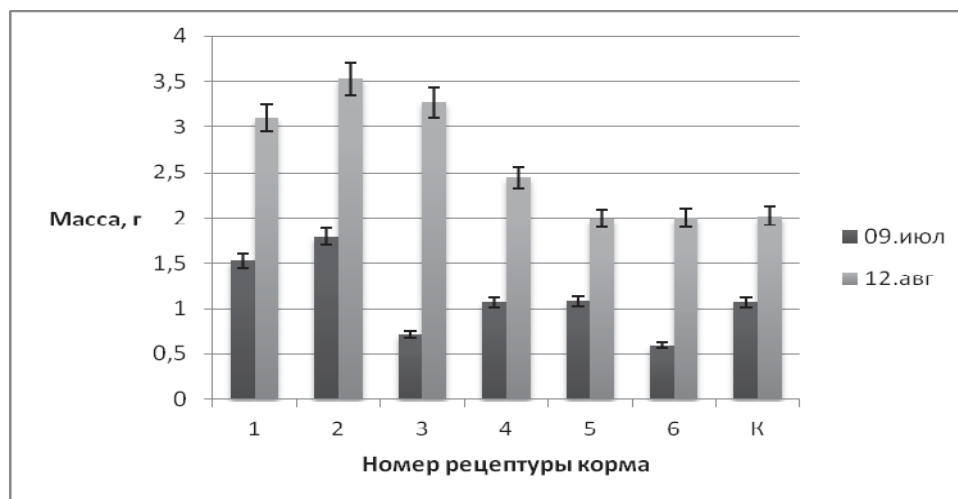
Table 3

Dynamics of growth rates of trepang whitebait, %

Дата	Корм № 1	Корм № 2	Корм № 3	Корм № 4	Корм № 5	Корм № 6	Контроль
09.06.2016	100	100	100	100	100	100	100
09.07.2016	400	393,4	408,7	381,6	408,6	365,2	528
12.08.2016	707,8	678,7	1521,7	808,6	668,6	969,6	1088,0
20.09.2016	437,3	526,2	965,2	357,9	577,1	887,0	828,0

Динамика показателей прироста массы через два месяца скормливания экспериментальных рецептур кормов свидетельствует о его значительной вариабельности. Так, в указанный период наименьшее влияние на прирост массы оказывали рецептуры № 1, 2 и 5. Полученные данные, по-видимому, свидетельствуют о тормозящем действии холестерина в больших концентрациях на процессы метаболизма молоди трепанга. В то же время использование более высоких дозировок ДНК (корм № 4) и ее сочетание с холестерином (корм № 6) способствовало увеличению массы тела молоди трепанга на 808–969 %, что

сравнимо с показателем в контрольной группе. Наибольший прирост массы тела трепанга наблюдался при использовании корма № 3, в состав которого входит ДНК в высокой дозировке (1521,7 %) (рисунок).



Динамика абсолютного привеса массы (г) трепанга в течение эксперимента
Dynamics of absolute weight gain (g) of trepanng during the experiment

Изучение показателей динамики массы тела трепанга за третий месяц эксперимента свидетельствует о значительном снижении данного показателя для всех экспериментальных рецептур кормов и контрольного корма.

Причиной снижения массы трепанга в сентябре месяце, по-видимому, являлся сбой системы водоподдачи и кондиционирования, что привело к повышению температуры аквариальной воды до 29 °С на два дня. Временное отсутствие подачи кислорода, сильный напор воды и высокая температура способствовали развитию стресса у трепанга, что подтверждается наблюдаемым явлением висцерации у некоторых особей. Влияние стресса для трепанга оценивали по количеству особей к окончанию эксперимента. Наибольший отход особей трепанга отмечен в контрольной группе – 43 %. Наибольшее количество выживших трепангов отмечено в группах № 2, 3 и 6. Трепанги групп № 2 и 3 получали в составе корма холестерин в количестве 20 и 40 г на 1 кг корма соответственно. Корм трепангов группы № 6 был обогащен смесью холестерина (30 г/кг корма) и ДНК (5 г/кг корма). По-видимому, скармливание высокоэнергетического липидного компонента способствовало более высокой выживаемости трепанга.

Выводы

Таким образом, проведенное исследование показало перспективность использования биологически активных компонентов холестерина и ДНК в рецептурах кормов для молоди трепанга. Наиболее эффективными оказались корма, в состав рецептуры которых была включена ДНК из молок лососевых, и корм со смесью ДНК и холестерина.

Список литературы

1. Кадникова И.А., Аминина Н.М., Мокрецова Н.Д., Рогов А.М. Применение разных видов водорослей в составе кормов для молоди трепанга // Вестн. Астраханского государственного университета. Сер. Рыбное хозяйство. 2015. № 4. С. 62–68.

2. Мокрецова Н.Д., Кадникова И.А. Современное состояние решения проблемы кормов для молоди трепанга, выращенной в заводских условиях // Промысловые беспозвоночные: материалы VIII Всерос. науч. конф. Калининград, 2–5 сентября. Калининград, 2014. С. 247–248.
3. Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. СПб. : Голанд, 2000. 200 с.
4. Yuichi SAKAI Mass Production of Artificial Seed of the Japanese Common Sea Cucumber (*Apostichopus japonicus*) in Hokkaido, Japan // Bull. Fish. Res. Agen. 2015. No. 40. 129–134.
5. Пат. 2410896 Российская Федерация. Способ приготовления корма для иглокожих / Перебейнос А.В., Чернецов В.В., Гришин А.С., Романенко Р.В. 2011.
6. Пат. 2555035 Российская Федерация. Способ получения стартового комбинированного корма для молоди трепанга и его применение / Мокрецова Н.Д., Викторовская Г.И., Дзизюров В.Д., Шульгина Л.В., заявл. 20.11.2014, опубл. 10.07.2015.
7. Рыбакова Г.В. Холестерин и его влияние на организм // Вестн. НГИЭИ. 2011. Т. 2. № 4.
8. <http://cyberleninka.ru/article/n/holesterin-i-ego-vliyanie-na-organizm.pdf>
9. Пат. 2063228 Российская Федерация. Способ лечения нарушений гемопоэза / Вайнберг Ю.П., Каплина Э.Н., заявл. 04.02.1993.
10. Белоус А.М., Годин В.П., Панков Е.Я. Экзогенные нуклеиновые кислоты и восстановительные процессы. М. : Медицина, 1974. 200 с.

Сведения об авторах: Ковалев Николай Николаевич, доктор биологических наук, e-mail: kovalevnnb1@yandex.ru;

Позднякова Юлия Михайловна, кандидат технических наук, e-mail: pozdnyakova.julia@yandex.ru;

Суховерхова Галина Юрьевна, кандидат технических наук, e-mail: svb28@ich.dvo.ru.

УДК 615.32:616-092.18:574

**И.И. Харченко¹, М.М. Маринюк¹, Г.М. Ткаченко², Л.И. Буюн¹,
П. Пажонтка-Липинский², М. Виташек², З. Осадовский²**

¹Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко, Национальная академия наук Украины, 01014, Украина, г. Киев, ул. Тимирязевская, 1

²Институт биологии и охраны окружающей среды, Поморская академия в Слупске, 76-200, Польша, г. Слупск, ул. Арцишевского, 226

**ОБЩАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM*)
В ИССЛЕДОВАНИЯХ IN VITRO С ЭКСТРАКТАМИ ИЗ ЛИСТЬЕВ РАЗЛИЧНЫХ
СОРТОВ КАМЕЛИИ ЯПОНСКОЙ (*CAMELLIA JAPONICA L.*)**

Целью этого исследования является оценка влияния экстрактов, полученных из листьев различных сортов *Camellia japonica L.*, на уровень общей антиоксидантной активности в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*). В исследованиях использовались экстракты листьев сортов камелии японской (*Camellia japonica L.*) из коллекции отдела тропических и субтропических растений Национального ботанического сада имени Н.Н. Гришко Национальной академии наук Украины: *C. japonica 'Kramer's Supreme'*, *C. japonica 'C.M. Wilson'*, *C. japonica 'La Pace'*, *C. japonica 'Mrs. Lyman Clarke'*, *C. japonica cv. 3*, *C. japonica cv. 15*. Свежие листья промывали, взвешивали, измельчали и гомогенизировали в 0,1М фосфатном буфере (пропорция 1 : 19) при комнатной температуре. Мышечная ткань была выделена из рыб после быстрой декапитации. Образцы тканей промывали и гомогенизировали в ледяном 100 мМ Трис-НСl буфере (рН 7,2), используя стеклянный гомогенизатор H500 (POL-EKO). Полученные 10%-е гомогенаты центрифугировали при 3000g в течение 15 мин при 4 °С. После центрифугирования супернатант мышечной ткани рыб использовали для инкубации с экстрактами листьев различных сортов *C. japonica* (в соотношении 19 : 1) при комнатной температуре. Контрольную группу (мышечную ткань форели) инкубировали с 100 мМ трис-НСl буфером (рН 7,2) (в соотношении 19 : 1). Время инкубации составляло 2 ч, после чего в инкубированном гомогенате изучали интенсивность процессов перекисного окисления липидов. Все ферментативные анализы проводили при 22±0,5 °С с использованием спектрофотометра Spесo1 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) в шести повторностях. Результаты исследований установили достаточно высокий уровень общей АОА в образцах мышечной ткани форели при инкубации с экстрактами из сортов *C. japonica 'C.M. Wilson'* и *C. japonica cv. 3* – увеличение уровня АОА на 41,7 и 44,8 % (р<0,05) в сравнении с контрольной группой. Экстракты из листьев *C. japonica 'La Pace'* и *C. japonica 'Kramer's Supreme'* при инкубации с мышечной тканью радужной форели не изменяли общей АОА, а экстракты из листьев *C. japonica 'Mrs. Lyman Clarke'* и *C. japonica cv. 15* несущественно снизили уровень общей АОА (р>0,05). Полученные нами данные относительно высокой антиоксидантной активности этих сортов дают возможность применять эти препараты при ряде заболеваний у рыб с целью увеличения их адаптационных возможностей. Отмечено положительное действие препаратов камелии при лечении различных патологических состояний организма в связи с большим содержанием веществ с высокой антиоксидантной активностью. Результаты проведенного исследования показывают, что АОА мышечной ткани радужной форели может использоваться в качестве одного из критериев оценки функционального состояния антиоксидантной системы организма и эффективности применения экзогенных антиоксидантов.

Ключевые слова: радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*), общая антиоксидантная активность, камелия японская.

Igor Kharchenko¹, Myroslava Maryniuk¹, Halyna Tkachenko², Lyudmyla Buyun¹,
 Paweł Pażontka-Lipiński², Marlena Witaszek², Zbigniew Osadowski²
**TOTAL ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE MUSCLE TISSUE OF THE RAINBOW
 TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM) UNDER INCUBATION WITH
 EXTRACTS FROM LEAVES OF VARIOUS CULTIVARS OF *CAMELLIA JAPONICA* L.**

*The main objective of the present study was to evaluate the effect of extracts derived from the leaves of various *Camellia japonica* L. cultivars on the level of total antioxidant capacity (TAC) in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). In the current investigations the extracts obtained from the leaves of various *Camellia japonica* L. cultivars (*C. japonica* 'Kramer's Supreme', *C. japonica* 'C.M.Wilson', *C. japonica* 'La Pace', *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke', *C. japonica* cv. 3, *C. japonica* cv. 15) from the living plant collections grown under glasshouse conditions in the Department of tropical and subtropical plants at M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine) were used. Freshly collected leaves were washed, weighted, crushed, and homogenized in phosphate buffer 0.1M (in ratio 1:19) at ambient temperature. Muscle tissue was removed from rainbow trout after immediate decapitation. The tissue samples were rinsed and homogenized in ice-cold 100 mM Tris-HCl buffer (pH 7.2) using laboratory glass homogenizer H500 (POL-EKO). Obtained 10% supernatants were subjected to centrifugation at 3000g for 15 min at 4°C. After centrifugation the supernatant of fish muscle tissue was used for incubation with leaf extracts of various *C. japonica* cultivars (in ratio 19:1) at ambient temperature. The control group (muscle tissue) was incubated with 100 mM Tris-HCl buffer (pH 7.2) (in ratio 19:1). The incubation time was 2 hrs, after that the intensity of total antioxidant capacity was evaluated in incubated homogenate. All enzymatic analyses were conducted at 22±0.5°C using spectrophotometer Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) with 6 replicates. The results of investigation revealed quite high level of TAC in samples of muscle tissue incubated with leaf extracts of *C. japonica* 'C.M.Wilson' and *C. japonica* cv. 3 cultivars. The levels of TAC were increased by 41.7% and 44.8% ($p < 0.05$) as compared with control group of muscle tissue homogenate. Leaf extracts of *C. japonica* 'La Pace' and *C. japonica* 'Kramer's Supreme' cultivars being incubated with muscle tissue have not changed the level of TAC, while the effect of the leaves extracts of *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke' and *C. japonica* cv. 15 on the decreasing of TAC level was insignificant ($p > 0.05$). The results of the study suggested high antioxidant capacity of *Camellia* cultivars screened give reason to believe that application of these plant extracts signifies a rational curative strategy to prevent and cure various fish diseases involving oxidative stress by increasing the ability of fish organism to adapt. It was observed that the positive effect of *Camellia*'s preparations for treatment of various pathological conditions of the organism is associated with high content of the substances with high antioxidant activity responsible for its ability to reduce oxidative stress. The reactive oxygen species scavenging effect of *Camellia* extract demonstrated in this study might have been associated with flavonol or phenolic compounds. The obtained data suggested, that the level of TAC in samples of rainbow trout muscle tissue may be used as one of the indicators in order to assess the functional conditions of antioxidant system of the organism and effectiveness of exogenous antioxidant application.*

Key words: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), total antioxidant capacity, *Camellia japonica* L.

Введение

Развитие целого ряда патологических состояний организма, а также воздействие на организм ряда внешних факторов сопровождается усилением образования активных форм кислорода (АФК), которые могут вызвать повреждение биологически важных молекул и, в конечном итоге, привести к гибели клетки. В норме регуляция продукции АФК и свободных радикалов в клетках осуществляется многоуровневой физиологической антиоксидантной системой, включающей ферменты и соединения различной химической природы. Несмотря на высокую эффективность антиоксидантной системы, она не всегда способна защитить организм от развития окислительного стресса. В связи с этим одним из приоритетных направлений современной биологии является создание препаратов,

обладающих антиоксидантными свойствами, с целью их применения для профилактики и лечения заболеваний, сопровождающихся усилением свободнорадикальных реакций [29, 40].

Водная среда является резервуаром, содержащим многие вредные вещества (металлы, пестициды и т.д.), которые могут быть адсорбированы водными организмами, способствуя возникновению окислительного стресса [26, 28]. В этом случае происходит нарушение баланса между антиоксидантами и прооксидантами у рыб, при этом действие прооксидантов превосходит возможности антиоксидантной защиты организма [5, 19].

В последние годы выявлению связи между окислительными процессами, изменениями среды и жизненными стратегиями животных, в том числе развитием различных заболеваний, уделяется большое внимание. Однако большинство исследований сосредоточено на таксономических группах, к которым принадлежат птицы и млекопитающие, тогда как значительно меньшее внимание уделено рыбам, несмотря на их экологическое и социально-экономическое значение [5].

Использование иммуностимуляторов является одной из недавно возникших и активно развивающихся направлений в аквакультуре. Основные типы иммуностимуляторов, применяющихся в аквакультуре, включают: полисахариды, питательные вещества, олигосахариды, растительные препараты, антибактериальные пептиды и микроорганизмы [5, 39].

Во многих частях мира лекарственные растения, обладающие антиоксидантными свойствами, используются в аквакультуре для ускорения роста рыб, стимулирования иммунной системы и повышения устойчивости к различным заболеваниям [6, 38, 39].

Широкие перспективы для практического использования в качестве лекарственных препаратов антиоксидантного действия представляют биологически активные вещества растительного происхождения, например, вещества из растений рода *Camellia* L. Вместе с тем клиническое применение многих из них затруднено в связи с недостаточно изученным механизмом антиоксидантного действия, а также отсутствием недорогих и эффективных способов оценки состояния антиоксидантной системы.

В последнее время стал актуальным вопрос использования природных растительных ресурсов как источника средств с антиоксидантной и противомикробной активностью. Лекарственные растения являются естественными источниками соединений, которые можно использовать против многих заболеваний [11]. Учитывая нежелательные побочные эффекты синтетических лекарств, существует необходимость в разработке альтернативных методов лечения, менее опасных для людей и животных и оказывающих меньшее негативное воздействие на окружающую среду [37].

Природные растительные продукты могут быть ценным источником для изучения их антиоксидантных свойств в аквакультуре. Для проверки этого предположения, для оценки антиоксидантной активности был выбран род *Camellia* L., в частности, экстракты листьев. В рамках подготовки к этому исследованию была изучена этноботаническая литература по использованию различных представителей рода в традиционной медицине.

Род *Camellia* L. (*Theaceae* D. Don) насчитывает более 200 видов древесных вечнозеленых растений, распространенных в Восточной Азии – Китае, Тайване, Японии и Южной Корее [12]. Наиболее известным представителем рода *Camellia* является вид *Camellia japonica* L. Этот вид является популярным декоративным растением, используется как источник масла и применяется в народной медицине в Японии и Китае. Из семян *C. japonica* получают съедобное масло, известное как «масло цубаки» [8, 17, 36], традиционно используемое в Восточной Азии в питании, как успокоительное средство, а также для восстановления эластичности кожи. Это масло также применяется для лечения всех типов кровотечений [14]. Известно использование масел камелий для эффективного контроля над бактериальными и грибковыми заболеваниями, а также некоторыми вредителями-насекомыми [27]. Цветки применяются в китайской традиционной медицине как препарат для лечения

гематемизации (рвота кровью) и синдрома застоя крови, а семена в японской народной медицине используют как желудочное и противовоспалительное средство. При смешивании с кунжутным маслом цветки применяются для лечения ожогов и ошпариваний [17, 41]. Отвар из листьев *C. japonica* используется в Японии для придания шелковистости и блеска волосам [2]. Также листья служат заменителем чая [2, 8].

C. japonica является перспективным растением для применения в современной фармацевтической промышленности и медицине, поскольку последние исследования показали ее выраженные антимикробные [13], антиоксидантные [22, 20], антиаллергические [15, 23], противовирусные [3, 24] и антиостеопоротические свойства [9].

Хотя фармакологическая активность камелий достаточно хорошо изучена, однако исследования относительно их защитных эффектов против окислительного стресса и окислительного повреждения, вызванного свободными радикалами, широко не проводились. Поэтому целью настоящего исследования является оценка влияния экстрактов, полученных из листьев различных сортов *C. japonica* на уровень общей антиоксидантной активности в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum).

Материалы и методы

В исследованиях использовались экстракты листьев сортов камелии японской (*Camellia japonica* L.) из коллекции отдела тропических и субтропических растений Национального ботанического сада имени Н.Н. Гришко Национальной академии наук Украины: *C. japonica* 'Kramer's Supreme', *C. japonica* 'C.M. Wilson', *C. japonica* 'La Pace', *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke', *C. japonica* cv. 3, *C. japonica* cv. 15. Свежие листья промывали, взвешивали, измельчали и гомогенизировали в 0,1М фосфатном буфере (пропорция 1 : 19) при комнатной температуре. Все экстракты хранились при -20 °С в стерильных условиях.

Все биохимические анализы проводили на кафедре зоологии и физиологии животных Института биологии и охраны окружающей среды Поморского университета в Слупске (Польша). Радужная форель содержалась в отделе исследований лососевых рыб Института пресноводного рыбного хозяйства (Жуково, Польша). Использовали клинически здоровую радужную форель с массой тела 80–120 г, которую содержали в 250-литровых резервуарах (по 70–75 рыб) при температуре воды 16±2 °С и рН 7,5. Уровень растворенного кислорода составлял около 12 м.д. с дополнительной подачей кислорода с потоком воды 25 л/мин. Рыбу кормили коммерческим гранулированным кормом.

Мышечная ткань была выделена из рыб после быстрой декапитации. Образцы тканей промывали и гомогенизировали в ледяном 100 мМ Трис-НСl буфере (рН 7,2), используя стеклянный гомогенизатор H500 (POL-EKO). Полученные 10%-е гомогенаты центрифугировали при 3000g в течение 15 мин при 4 °С. После центрифугирования супернатант мышечной ткани рыб использовали для инкубации с экстрактами различных сортов *C. japonica* (в соотношении 19 : 1) при комнатной температуре. Контрольную группу (мышечную ткань форели) инкубировали с 100 мМ трис-НСl буфером (рН 7,2) (в соотношении 19:1). Время инкубации составляло 2 ч, после чего в инкубированном гомогенате изучали уровень общей антиоксидантной активности. Все биохимические анализы проводились при 22±0,5 °С с использованием спектрофотометра Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Германия) в шести повторностях.

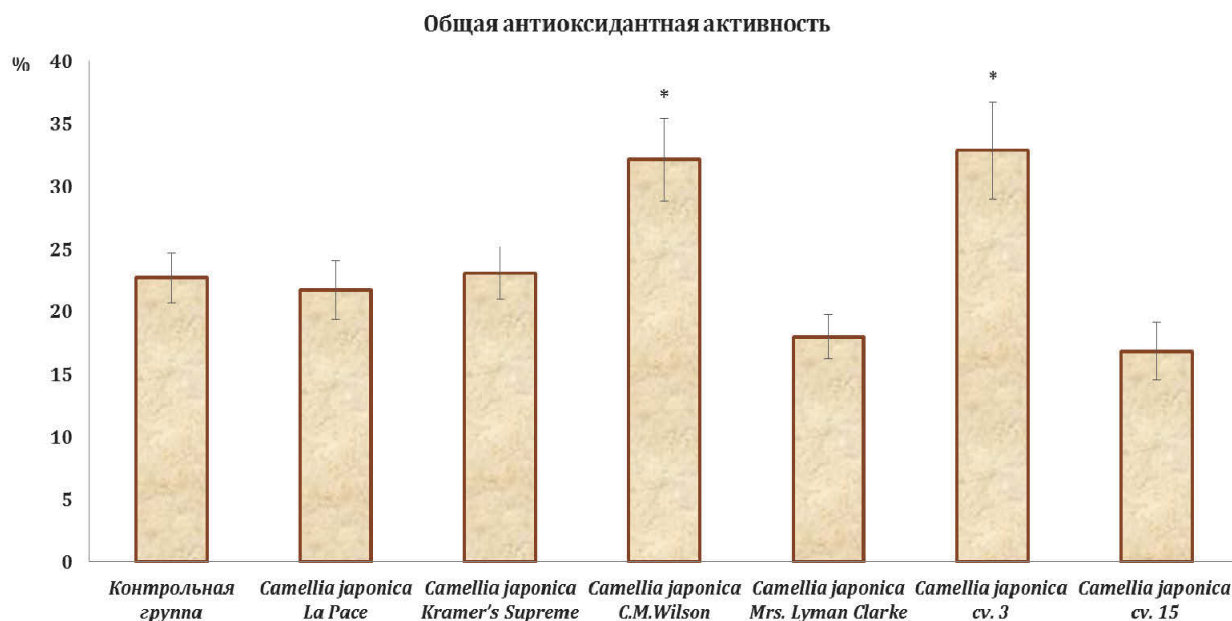
Оценка общей антиоксидантной активности (АОА) производилась путем измерения уровня железо- и аскорбат-индуцированного образования продуктов, которые реагируют с 2-тиобарбитуровой кислотой – маркерами перекисного окисления липидов – после окисления Tween-80. Этот уровень определялся спектрофотометрически при длине волны

532 нм [1]. Полученные результаты анализировали с помощью пакета программ STATISTICA 8.0 (StatSoft, Poland) [42].

Результаты и обсуждение

В настоящее время для оценки состояния антиоксидантной системы наряду с определением содержания отдельных антиоксидантов в тканях используют показатель, обозначаемый как общая антиоксидантная активность (АОА) [25]. АОА ткани – это интегральный показатель, отражающий ее способность противодействовать развитию свободнорадикальных реакций и окислительного стресса. Основными компонентами тест-систем для определения АОА являются: система генерации радикалов и субстрат или молекула-мишень, которая подвергается свободнорадикальному окислению. Добавление в модельную систему ткани, содержащей различные водо- и жирорастворимые антиоксиданты, приводит к уменьшению образования радикалов и торможению окисления субстрата. Изменение параметров окисления субстрата в присутствии исследуемой ткани, регистрируемое с помощью абсорбционной спектроскопии и других методов, используется для характеристики ее АОА.

Уровень общей антиоксидантной активности в мышечной ткани радужной форели при инкубации с экстрактами, полученными из листьев различных сортов *C. japonica*, представлено на рисунке.



Уровень общей антиоксидантной активности в мышечной ткани радужной форели при инкубации с экстрактами, полученными из листьев различных сортов *C. japonica* ($M \pm m$, $n=6$):

* – изменения статистически достоверные ($p < 0,05$) в сравнении с контрольной группой

The level of total antioxidant activity in the muscular tissue of rainbow trout during incubation with extracts obtained from leaves of different sorts of *C. japonica* ($M \pm m$, $n=6$):

* – changes are statistically reliable ($p < 0,05$) in comparison with the control group

Результаты исследований установили достаточно высокий уровень общей АОА в образцах мышечной ткани форели при инкубации с экстрактами из сортов *C. japonica* 'C.M. Wilson' и *C. japonica* cv. 3 – увеличение уровня АОА на 41,7 и 44,8 % ($p < 0,05$) в сравнении с контрольной группой. Экстракты из листьев *C. japonica* 'La Pace' и *C. japonica* 'Kramer's Supreme' при инкубации с мышечной тканью радужной форели не изменяли

общей АОА, а экстракты из листьев *C. japonica* 'Mrs. Lyman Clarke' и *C. japonica* cv. 15 несущественно снизили уровень общей АОА ($p > 0,05$).

Антиоксидантная активность камелий, очевидно, связана с присутствием вторичных метаболитов, блокирующих образование АФК. Например, из листьев *C. japonica* были выделены камеллидин II ($3\beta,18\beta$ -дигидрокси-28-норолан-12-ен-16-он-3-О- β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 2)- β -D-галактопиранозил-(1 \rightarrow 3)-[β -D-галактопиранозил-(1 \rightarrow 2)]- β -D-глюкуронопиранозид), камеллидин III (идентифицированный как его метиловый эфир), хининовая кислота, $3\beta,20$ -дигидроксиупан и 3,3',4'-3-О-метилэллагиновая кислота [21]. Экстракты из листьев богаты комплексными танинами – камеллиантинами F и G [18]; камелиянинами С и Е [10]; камелиянинами D, В и С, корнусином В, (-)-эпикатехинами, три-О-метилгаллатами, диметилгексаметоксидифенатами и триметил-окта-О-метилвалонатами [9]; гликозидами флавонола (камеллианозид); флавонолгликозиды рутина, гиперозид и изоккерцитин были также выделены из листьев *C. japonica*. Структура камелиянозида была установлена как кверцетин-3-О- β -D-ксилопиранозил-(1 \rightarrow 3)-О- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 6)-О- β -D-глюкопиранозид [22]. Бензоилглюкозид 4-гидрокси-2-метоксифенол 1-О- β -D-(6"-Ор-гидроксибензоил)-глюкопиранозид (камелдиадифенозид) и 13 известных фенольных соединений, а именно: (Е)-конфириловый спирт, (-)-эпикатехин, 4-гидроксифенол 1-О- β -D-(6-Ор-гидроксибензоил) глюкопиранозид, нариненин-7-О- β -D-глюкопиранозид, кверцетин-3-О- β -L-рамнопиранозил (1 \rightarrow 6)- β -D-глюкопиранозид, каемпферол-3-О- β -L-рамнопиранозил (1 \rightarrow 6) - β -D-глюкопиранозид (+)-катехин (8), 1,6-ди-ОП-гидроксибензоил- β -D-глюкопиранозид, 2-О- β -D-глюкопиранозид, кверцетин 3-О- β -D-глюкопиранозид, кверцетин-3-О- β -D-галактопиранозид, каемпферол-3-О- β -D-галактопиранозид и каемпферол 3-О- β -D-глюкопиранозид выделяли из листьев камелий [7]. Из листьев выделяли также глюкозид эллагиевой кислоты (оккамеллаизид), и его структура была идентифицирована как 4'-О- β -D-глюкопиранозид 3,4-диоксоэллагиновой кислоты [23]. Кверцетин 3-О- β -D-галактопиранозид, 3-О- β -D-глюкопиранозид кверцетина, 3-О- β -D-галактопиранозид каемпферола и 3-О- β -D-глюкопиранозид каемпферола также были идентифицированы в листьях *C. japonica* [17]. Агликонные флавоноиды (кверцетин, каемпферол и апигенин), гликозилированные флавоноиды (рутин и кверцетин) и шесть эфиров жирных кислот (метилтридеcanoат, метилтетрадеcanoат, метилпентадеcanoат, метилгексадеcanoат, метилгептадеcanoат и метилоктадеcanoат), для которых показана антиоксидантная активность, также присутствуют в экстрактах из листьев *C. japonica* [4].

Анализ литературы и полученные нами результаты свидетельствуют о том, что применение растительных экстрактов в аквакультуре имеет большие перспективы, прежде всего благодаря их доступности и механизму действия, направленного против широкого спектра патогенов [30–35]. К тому же большинство растительных экстрактов могут применяться пероральным путем, который является наиболее традиционным способом введения препарата для индуцирования иммунного ответа у рыб [39]. Вместе с тем требуются дальнейшие исследования, направленные на выявление стабильности растительного материала в водной среде, способности рыб к перевариванию растительных экстрактов, а также токсикологического воздействия экстрактов на организм как *in vitro*, так и *in vivo*, предполагающие безопасность применения растений в аквакультуре [6].

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено положительное действие экстрактов листьев сортов *C. japonica* 'C.M. Wilson' и *C. japonica* cv. 3 на уровень общей антиоксидантной активности (АОА) в образцах мышечной ткани форели. Полученные нами данные относительно высокой антиоксидантной активности этих сортов *C. japonica* дают возможность применять эти препараты для лечения ряда заболеваний у рыб с целью

повышения их адаптационных возможностей. Отмечено положительное действие препаратов камелии при лечении различных патологических состояний организма в связи с большим содержанием веществ с высокой антиоксидантной активностью. Результаты проведенного исследования показывают, что АОА мышечной ткани радужной форели может использоваться в качестве одного из критериев оценки функционального состояния антиоксидантной системы организма и эффективности применения экзогенных антиоксидантов.

This study was carried out during Scholarship Program supported by The Polish National Commission for UNESCO in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk (Poland). We thank to The Polish National Commission for UNESCO for the supporting of our study.

Список литературы

1. Галактионова Л.П., Молчанов А.В., Ельчанинова С.А., Варшавский Б.Я. Состояние перекисного окисления больных с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки // Клин. лаб. диагностика. 1998. № 6. С. 10–14.
2. Джинчарадзе Н. Камелия на черноморском побережье Аджарии. Кутаиси: Сабчота Аджара, 1974. 99 с.
3. Akihisa, T. 3-epicabraleahydroxylactone and other triterpenoids from camellia oil and their inhibitory effects on Epstein-Barr virus activation / T. Akihisa, H. Tokuda, M. Ukiya, T. Suzuki, F. Enjo, K. Koike, T. Nikaido, H. Nishino // Chem. Pharm. Bull. 2004. 52(1). P. 153–156.
4. Azuma C.M., Santos F.C.S.D., Lago J.H.G. Flavonoids and fatty acids of *Camellia japonica* leaves extract // Rev. Bras. Farmacogn. 2011. 21(6). P. 1159–1162.
5. Birnie-Gauvin K., Costantini D., Cooke S.J., Willmore W.G. A comparative and evolutionary approach to oxidative stress in fish: A review // Fish and Fisheries. 2017. Vol. 18, Iss. 5. P. 928–942.
6. Bulfon C., Volpatti D., Galeotti M. Current research on the use of plant-derived products in farmed fish // Aquaculture Research. 2015. Vol. 46. P. 513–551.
7. Cho, J.Y. A novel benzoyl glucoside and phenolic compounds from the leaves of *Camellia japonica* / J.Y. Cho, S.H. Ji, J.H. Moon, K.H. Lee, K.H. Jung, K.H. Park // Food. Sci. Biotechnol. 2008. Vol. 17. P. 1060–1065.
8. Facciola S. Cornucopia. A source book of edible plants. Vista : Kampong Publishing, 1990. 677 p.
9. Hatano, T. Camelliatannin D, a new inhibitor of bone resorption, from *Camellia japonica* / T. Hatano, H. Li, S. Taniguchi, T. Okuda, Y. Kiso, T. Tanaka, T. Yoshida // Chem. Pharm. Bull. 1995a. 43(11). P. 2033–2035.
10. Hatano, T. Tannins and related polyphenols of theaceous plants. VIII. Camelliatannins C and E, new complex tannins from *Camellia japonica* leaves / T. Hatano, H. Li, S. Taniguchi, T. Shingu, T. Okuda, T. Yoshida // Chem. Pharm. Bull. 1995b. 43(10). P. 1629–1633.
11. Houston, M.C. Nonpharmacologic treatment of dyslipidemia / M.C. Houston, S. Fazio, F.H. Chilton, D.E. Wise, K.B. Jones, T.A. Barringer, D.A. Bramlet // Prog. Cardiovasc. Dis. 2009. 52(2). P. 61–94.
12. Hung Ta C., Bartholomew B. Camellias. Portland : Timber Press, 1984. 210 p.
13. Kim K.Y., Davidson P.M., Chung H.J. Antibacterial activity in extracts of *Camellia japonica* L. petals and its application to a model food system // J. Food Prot. 2001. 64(8). P. 1255–1260.

14. Kim, S.B. Anti-inflammatory activity of *Camellia japonica* oil / S.B. Kim, E.S. Jung, S.W. Shin, M.H. Kim, Y.S. Kim, J.S. Lee, D.H. Park // BMB Rep. 2012. 45(3). P. 177–182.
15. Kuba, M. In vivo analysis of the anti-allergic activities of *Camellia japonica* extract and okicamelliaside, a degranulation inhibitor / M. Kuba, K. Tsuha, K. Tsuha, G. Matsuzaki, T. Yasumoto // J. Health. Sci. 2008. 54(5). P. 584–588.
16. Kunkel G. Plants for human consumption. An annotated checklist of the edible phanerogams and ferns. Koenigstein : Koeltz Scientific Books, 1984. 393 p.
17. Lee, H.H. Isolation and identification of antioxidative phenolic acids and flavonoid glycosides from *Camellia japonica* flowers / H.H. Lee, J.Y. Cho, J.H. Moon, K.H. Park // Hortic. Environ. Biotechnol. 2011. 52(3). P. 270–277.
18. Li, H. Tannins of theaceous plants. V. Camelliatannins F, G and H, three new tannins from *Camellia japonica* L. / H. Li, T. Hatano, T. Yoshida, T. Okuda // Chem. Pharm. Bull. 1994. 42(7). P. 1399–1409.
19. Livingstone D.R. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms // Marine Pollution Bulletin. 2001. Vol. 42. P. 656–666.
20. Mizutani T., Masaki H. Anti-photoaging capability of antioxidant extract from *Camellia japonica* leaf // Exp. Dermatol. 2014. 23(1). P. 23–26.
21. Numata, A. An antifeedant for the yellow butterfly larvae in *Camellia japonica*: a revised structure of camellidin II / A. Numata, A. Kitajima, T. Katsuno, K. Yamamoto, N. Nagahama, C. Takahashi, R. Fujiki, M. Nabae // Chem. Pharm. Bull. 1987. 35(9). P. 3948–3951.
22. Onodera K., Hanashiro K., Yasumoto T. Camellianoside, a novel antioxidant glycoside from the leaves of *Camellia japonica* // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2006. 70(8). P. 1995–1998.
23. Onodera, K. Okicamelliaside, an extraordinarily potent anti-degranulation glucoside isolated from leaves of *Camellia japonica* / K. Onodera, K. Tsuha, M. Yasumoto-Hirose, K. Tsuha, K. Hanashiro, H. Naoki, T. Yasumoto // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2010. 74(12). P. 2532–2534.
24. Park, J.C. Inhibitory effects of Korean medicinal plants and camelliatannin H from *Camellia japonica* on human immunodeficiency virus type 1 protease / J.C. Park, J.M. Hur, J.G. Park, T. Hatano, T. Yoshida, H. Miyashiro, B.S. Min, M. Hatorri // Phytother. Res. 2002. 16(5). P. 422–426.
25. Pisoschi, A.M. Methods for Total Antioxidant Activity Determination: A Review / A.M. Pisoschi, G.P. Negulescu // Biochem. & Anal. Biochem. 2011. 1:106.
26. Sevcikova, H. Metals as a cause of oxidative stressing fish: a review / H. Sevcikova, H. Morda, A. Slaninova, Z. Svobodova // Veterinarni Medicina. 2011. 56(11). P. 537–546.
27. Shanan H., Ying G. The comprehensive utilization of camellia fruits // Am. Camellia Yearb. 1982. N 37. P. 104–107.
28. Slaninova, A. A review: oxidative stress in fish induced by pesticides / A. Slaninova, M. Smutna, H. Morda, Z. Svobodova // Neuro. Endocrinol. Lett. 2009. 30(1). P. 2–12.
29. Storey K.B. Oxidative stress: animal adaptations in nature // Braz. J. Med. Biol. Res. 1996. 29(12). P. 1715–1733.
30. Tkachenko, H. Antibacterial activity of ethanolic leaf extracts obtained from various *Ficus* species (*Moraceae*) against the fish pathogen, *Citrobacter freundii* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // Baltic Coastal Zone – Journal of Ecology and Protection of the Coastline. 2016. Vol. 20. P. 117–136.
31. Tkachenko, H. Antibacterial screening of ethanolic extracts obtained from leaves of various *Ficus* species (*Moraceae*) against *Citrobacter freundii* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // Тр. ВНИРО (Trudy VNIRO). 2017. 167. P. 138–149.
32. Tkachenko, H. Anti-*Pseudomonas fluorescens* efficacy of ethanolic extracts derived from the leaves of various *Ficus* species (*Moraceae*) / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-

Majewska, Z. Osadowski, V. Honcharenko, A. Prokopiv // *Słupskie Prace Biologiczne*. 2016. N 13. P. 295–316.

33. Tkachenko, H. *In vitro* antibacterial efficacy of various ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against fish pathogen, *Pseudomonas fluorescens* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski, Y. Sosnovskiy, V. Honcharenko, A. Prokopiv // *Globalisation and regional environment protection. Technique, technology, ecology*. Scientific editors Tadeusz Noch, Wioleta Mikołajczewska, Alicja Wesołowska. Gdańsk High School Publ., 2016. P. 265–286.

34. Tkachenko, H. *In vitro* antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against the fish pathogen *Aeromonas hydrophila* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski // *Arch. Pol. Fish.* 2016. 24. P. 219–230.

35. Tkachenko, H. The antimicrobial activity of some ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against *Aeromonas hydrophila* / H. Tkachenko, L. Buyun, E. Terech-Majewska, Z. Osadowski, Y. Sosnovskiy, V. Honcharenko, A. Prokopiv // *Тр. ВНИРО (Trudy VNIRO)*. – 2016. 162. P. 172–183.

36. Usher G. A dictionary of plants used by man. London : Constable, 1974. 619 p.

37. Valladao, G.M. Phytotherapy as an alternative for treating fish disease / G.M. Valladao, S.U. Gallani, F. Pilarski // *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 2015. 38(5). P. 417–428.

38. Van Doan, H. Effect of *Lactobacillus plantarum* and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) on growth performance, immunity and disease resistance of Pangasius catfish (*Pangasius bocourti*, Sauvage 1880) / H. Van Doan, S. Doolgindachbaporn, A. Suksri // *Aquaculture Nutrition*. 2016. Vol. 22, Iss. 2. P. 444–456.

39. Wang, W. Application of immunostimulants in aquaculture: current knowledge and future perspectives / Wang Wei, Sun Jing, Liu Cenjie, Xue Zhang // *Aquaculture Research*. 2017. Vol. 48. P. 1–23.

40. Wilhelm Filho, D. Comparison between the antioxidant status of terrestrial and diving mammals / D. Wilhelm Filho, F. Sell, L. Ribeiro, M. Ghislandi, F. Carrasquedo, C.G. Fraga, J.P. Wallauer, P.C. Simoes-Lopes, M.M. Uhart // *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 2002. 133(3). P. 885–892.

41. Yoshikawa, M. Bioactive saponins and glycosides. V. Acylated polyhydroxyolean-12-ene triterpene oligoglycosides, camelliasaponins A1, A2, B1, B2, C1, and C2, from the seeds of *Camellia japonica* L.: structures and inhibitory activity on alcohol absorption / M. Yoshikawa, T. Murakami, S. Yoshizumi, N. Murakami, J. Yamahara, H. Matsuda // *Chem. Pharm. Bull.* 1996. 44(10). P. 1899–1907.

42. Zar, J.H. *Biostatistical Analysis* 4th ed. New Jersey : Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1999. 663 p.

Сведения об авторах: Харченко Игорь Иванович: кандидат биологических наук, e-mail: kharchenko.ing@gmail.com;

Маринюк Мирослава Михайловна, ведущий инженер, e-mail: Miroslava.Marinyuk@yandex.ru;

Ткаченко Галина Михайловна, e-mail: кандидат биологических наук, e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl;

Буюн Людмила Ивановна, доктор биологических наук, e-mail: buyun@nbg.kiev.ua;

Пажонтка-Липинский Павел, студент, e-mail: pajo7@vp.pl;

Виташек Марлена, студентка, e-mail: mena9wit@wp.pl;

Осадовский Збигнев, доктор биологических наук, профессор, e-mail: zbigniew.osadowski@apsl.edu.pl.

УДК 615.32:616-092.18:574

М.М. Маринюк¹, И.И. Харченко¹, Г.М. Ткаченко², Л.И. Буюн¹, М. Виташек²,
П. Пажонтка-Липинский², З. Осадовский²

¹Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко, Национальная академия наук Украины, 01014, Украина, г. Киев, ул. Тимирязевская, 1

²Институт биологии и охраны окружающей среды, Поморская академия в Слупске, 76-200, Польша, г. Слупск, ул. Арцишевского, 22б

IN VITRO ИССЛЕДОВАНИЕ МАРКЕРОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM) ПРИ ИНКУБАЦИИ С ЭКСТРАКТАМИ ИЗ ЛИСТЬЕВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ *SANSEVIERIA THUNB.* (*ASPARAGACEAE*)

Целью нашей работы было изучение изменений в течении процессов перекисного окисления липидов в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) при инкубации с экстрактами из листьев различных видов *Sansevieria Thunb.* (*Asparagaceae*), направленное на последующее усовершенствование мер борьбы и профилактики болезней путем повышения естественной резистентности организма рыб с использованием антибактериальных и антиоксидантных препаратов. Листья *Sansevieria francisii Chahin*, *S. caulescens N.E.Br.*, *S. suffruticosa N.E.Br.*, *S. roxburghiana Schult. & Schult.f.*, *S. metallica Gérôme & Labroy*, *S. hyacinthoides (L.) Druce*, *S. cylindrica Bojer ex Hook.*, *S. canaliculata Carrière*, *S. aethiopica Thunb.*, *S. kirkii Baker*, *S. trifasciata Prain.*, *S. forsaoliana (Schult. & Schult.f.) Hepper & J.R.I.Wood*, *S. fisheri (Baker) Marais*, *S. dooneri N.E.Br.*, *S. intermedia N.E.Br.*, *S. gracilis N.E.Br.*, *S. parva N.E.Br.* (syn. *S. dooneri N.E.Br.*) были собраны в Национальном ботаническом саду имени Н.Н. Гришко Национальной академии наук Украины (Киев, Украина). Мышечная ткань была выделена из рыб после быстрой декапитации. Образцы тканей промывали и гомогенизировали в ледяном 100 мМ Трис-НСI буфере (рН 7,2), используя стеклянный гомогенизатор H500 (POL-EKO). Полученные 10%-е гомогенаты центрифугировали при 3000g в течение 15 мин при 4 °С. После центрифугирования супернатант мышечной ткани рыб использовали для инкубации с экстрактами листьев различных видов *Sansevieria* (в соотношении 19 : 1) при комнатной температуре. Контрольную группу (мышечную ткань форели) инкубировали с 100 мМ трис-НСI буфером (рН 7,2) (в соотношении 19 : 1). Время инкубации составляло 2 ч, после чего в инкубированном гомогенате изучали интенсивность процессов перекисного окисления липидов. Все ферментативные анализы проводили при 22±0,5 °С с использованием спектрофотометра Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) в шести повторно. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по содержанию ТБК-активных продуктов согласно Камышников, 2004. Результаты инкубации мышечной ткани с экстрактами растений показывают, что содержание ТБК-активных продуктов варьируют в пределах от (48,06±5,35) до (76,86±6,64) нмоль/мг белка. Существенное увеличение содержания ТБК-активных продуктов было отмечено у экстрактов из листьев *S. cylindrica*, *S. canaliculata*, *S. trifasciata*, *S. metallica* (увеличение содержания ТБК-активных продуктов на 52,1, 44,4, 43,1, 40,1%, $p < 0,05$ соответственно) по сравнению с контрольной группой мышечного гомогената. Инкубация с экстрактами видов *S. forsaoliana*, *S. parva*, *S. hyacinthoides* сопровождалась несущественными изменениями содержания маркера ПОЛ–ТБК-активных продуктов (64,57±5,33, 63,78±6,56 и 63,06±6,22 нмоль/мг белка соответственно). Экстракты листьев *S. fisheri*, *S. intermedia*, *S. gracilis* и *S. kirkii* также несущественно изменяли содержание маркеров ПОЛ [(58,46±5,03), (57,88±5,64), (57,41±4,60), (56,41±5,39) нмоль/мг белка соответственно]. Таким образом, анализ представленных данных позволяет заключить, что наиболее токсичными среди исследованных экстрактов при изучении антиоксидантных свойств *in vitro* относительно мышечной ткани радужной форели являются *S. cylindrica*, *S. canaliculata*, *S. trifasciata*, *S. metallica*. Результаты изучения показателей перекисного окисления липидов в мышечной ткани радужной форели свидетельствуют о разной степени их выраженности в зависимости от химического состава исследуемых видов. При этом некоторые из изученных соединений

увеличивают свободнорадикальную активность, т.е. проявляют прооксидантные свойства. Это не противоречит данным литературы, согласно которым проявление анти- или прооксидантных свойств зависит от химической природы соединений, их концентрации и т.д.

Ключевые слова: радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*), мышечная ткань, *Sansevieria*, листья, экстракты, пероксидное окисление липидов.

**Myroslava Maryniuk¹, Igor Kharchenko¹, Halyna Tkachenko², Lyudmyla Buyun¹,
Marlena Witaszek², Pawel Pażontka-Lipiński², Zbigniew Osadowski²**
**IN VITRO STUDY OF LIPID PEROXIDATION MARKERS IN THE MUSCLE TISSUE
OF THE RAINBOW TROUT (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM) UNDER
INCUBATION WITH EXTRACTS FROM LEAVES OF VARIOUS SPECIES
OF SANSEVIERIA THUNB. (ASPARAGACEAE)**

The main objective of the present study was to evaluate the lipid peroxidation biomarkers in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) under incubation with extracts derived from the leaves of various *Sansevieria Thunb. (Asparagaceae)* species, aimed at the further improving methods for preventing and treating fish diseases by increasing the natural resistance of fish organism using antibacterial and antioxidant agents in aquaculture. The leaves of *Sansevieria francisii* Chahin, *S. caulescens* N.E.Br., *S. suffruticosa* N.E.Br., *S. roxburghiana* Schult. & Schult.f., *S. metallica* Gérôme & Labroy, *S. hyacinthoides (L.) Druce*, *S. cylindrica* Bojer ex Hook., *S. canaliculata* Carrière, *S. aethiopica* Thunb., *S. kirkii* Baker, *S. trifasciata* Prain., *S. forscaliiana* (Schult. & Schult.f.) Hepper & J.R.I.Wood, *S. fisheri (Baker) Marais*, *S. dooneri* N.E.Br., *S. intermedia* N.E.Br., *S. gracilis* N.E.Br., *S. parva* N.E.Br. (syn. *S. dooneri* N.E.Br.) were sampled at M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine). Muscle tissue was removed from trout after immediate decapitation. The tissue samples were rinsed and homogenized in ice-cold 100 mM Tris-HCl buffer (pH 7.2) using laboratory glass homogenizer H500 (POL-EKO). Obtained 10 % supernatants were subjected to centrifugation at 3000g for 15 min at 4°C. After centrifugation the supernatant of fish muscle tissue was used for incubation with leaf extracts of various *Sansevieria* species (in ratio 19:1) at ambient temperature. The control group (rainbow trout muscle tissue) was incubated with 100 mM Tris-HCl buffer (pH 7.2) (in ratio 19:1). The incubation time was 2 hrs, after that the intensity of lipid peroxidation processes was evaluated. All enzymatic analyses were conducted at 22±0,5°C using spectrophotometer Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) with 6 replicates per analysis. 2-Thiobarbituric acid-reacting substances (TBARS) assay has been applied to evaluate the intensity of lipid peroxidation of the sample according to the method of Kamyshnikov (2004). The results obtained after incubation of muscle tissue with plant-derived extracts exhibit that content of TBARS vary in the range of (48.06±5,35) to (76.86±6,64) nmol per mg protein. The significant increasing of TBARS content was observed in sample incubated with the leaf extracts of *S. cylindrica*, *S. canaliculata*, *S. trifasciata*, *S. metallica* (increasing of TBARS content by 52.1%, 44.4%, 43.1%, 40.1%, $p < 0.05$, respectively) as compared with control group of muscle tissue homogenate. Incubation of muscle tissue sample with leaf extracts of *S. forscaliiana*, *S. parva*, *S. hyacinthoides* leaves was accompanied by insignificant changes of lipid peroxidation marker (TBARS) content (64.57±5.33, 63.78±6.56 and 63.06±6.22 nmol/mg protein, respectively). Also, the leaf extracts of *S. fisheri*, *S. intermedia*, *S. gracilis* and *S. kirkii* have not changed lipid peroxidation marker (TBARS) significantly [(58.46±5.03), (57.88±5.64), (57.41±4.60), (56.41±5.39) nmol/mg protein, respectively]. Thus, from the above study, it can be concluded that among plant extracts screened for in vitro antioxidant properties in rainbow trout muscle tissue the strongest toxicity responses were exhibited by *S. cylindrica*, *S. canaliculata*, *S. trifasciata*, *S. metallica* extracts. The results obtained from the preliminary study of lipid peroxidation levels in rainbow trout muscle tissue indicate that these values are determined by the chemical composition of the leaves of plant species tested. Furthermore, some compounds tend to increase free radical activity, i.e. exhibit prooxidant properties. It is in line with literature data, suggested that manifestation of anti- or prooxidant properties of plant extracts are strongly influenced by the chemical nature of compound, its concentration etc.

Key words: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), muscle tissue, *Sansevieria*, leaf extracts, lipid peroxidation.

Введение

Рыбоводство на современном этапе развития приобретает характер промышленного производства, основанного на выращивании рыб в индустриальных условиях. Искусственное выращивание рыб, гидробионтов и растений в контролируемых и управляемых человеком условиях – это наиболее динамично развивающаяся продовольственная отрасль в Европе. Особое место в производстве мировой рыбной продукции занимают лососевые и осетровые виды в связи с особенностями их биологии, сложным жизненным циклом и высокой пищевой ценностью [2].

Искусственное содержание гидробионтов в условиях, значительно отличающихся от естественных, приводит к изменению поведенческих реакций рыб и появлению новых, ранее не известных болезней. Скученное содержание, обильное кормление, техногенные факторы, стрессы различного характера оказывают негативное влияние на организм млекопитающих и рыб, в результате приводят к депрессии иммунной системы и возникновению различных патологических процессов [4]. Следует иметь в виду, что некоторые заболевания различной этиологии у рыб протекают с похожими клиническими признаками. И при этом только у некоторой части рыб развиваются адаптивные реакции, направленные на сохранение вида и, как правило, довольно длительное время отрицательно сказывающиеся на их продуктивности [11].

Если раньше стратегия лечения была направлена на уничтожение возбудителей болезней в организме рыб, то в настоящее время предпочтение отдается использованию препаратов, обеспечивающих повышение устойчивости макроорганизма к заражению болезнетворными агентами. В первую очередь, это адаптогены и иммуностимуляторы [5]. Другим важным фактором, обеспечивающим стабильность любого организма в условиях влияния патологических процессов, является антиоксидантная защита (АОЗ). Процессы окислительного стресса и АОЗ находятся в динамическом равновесии. Нарушение этого равновесия приводит к развитию у рыб различных патологий [3].

В современной практике рыбоводства для профилактики и борьбы с болезнями рыб широко используют различные антибактериальные лекарственные средства, в то время как вопросам коррекции про- и антиоксидантных процессов уделяется еще недостаточно внимания. В качестве альтернативы общеизвестным антибиотикам и химиотерапевтантам в рыбоводстве рассматриваются экстракты из листьев различных видов *Sansevieria* Thunb. (*Asparagaceae*), которые уже нашли свое применение в разных сферах народной медицины. Род *Sansevieria* включает около 70 видов ксерофитных, корневищных, многолетних растений, распространенных в засушливых, тропических и субтропических регионах Старого света [14, 25], с диапазоном распространения от Африки до Юго-Восточной Азии и о-вов Индийского океана [8, 22]. Этноботанические исследования показали широкую сферу использования видов рода *Sansevieria* при лечении широкого спектра заболеваний [21, 25, 26]. Разные виды сансевьер оказывают противовоспалительное, обезболивающие действия [7, 9, 10, 15, 18]. Изучение водных экстрактов некоторых видов *Sansevieria*, в частности, *S. liberica* и *S. senegambica* показало кардиопротективный потенциал экстрактов в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний [16, 19]. Этанольный экстракт *S. trifasciata* обладал противоаллергической, антианафилактической и антиоксидантной активностью [10].

Поэтому целью нашей работы было изучение изменений в течении процессов перекисного окисления липидов в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) при инкубации с экстрактами из листьев различных видов *Sansevieria* Thunb. (*Asparagaceae*) с последующим усовершенствованием мер борьбы и профилактики болезней путем повышения естественной резистентности организма рыб, с использованием антибактериальных и антиоксидантных препаратов.

Объекты и методы исследования

Листья *Sansevieria francisii* Chahin, *S. caulescens* N.E.Br., *S. suffruticosa* N.E.Br., *S. roxburghiana* Schult. & Schult.f., *S. metallica* Gérôme & Labroy, *S. hyacinthoides* (L.) Druce, *S. cylindrica* Bojer ex Hook., *S. canaliculata* Carrière, *S. aethiopica* Thunb., *S. kirkii* Baker, *S. trifasciata* Prain., *S. forsaoliiana* (Schult. & Schult.f.) Hepper & J.R.I.Wood, *S. fisheri* (Baker) Marais, *S. dooneri* N.E.Br., *S. intermedia* N.E.Br., *S. gracilis* N.E.Br., *S. parva* N.E.Br. (syn. *S. dooneri* N.E.Br.) были собраны в Национальном ботаническом саду имени Н.Н. Гришко Национальной академии Украины (Киев, Украина).

Все биохимические анализы проводили на кафедре зоологии и физиологии животных Института биологии и охраны окружающей среды Поморского университета в Слупске (Польша). Свежие измельченные листья промывали, взвешивали, измельчали и гомогенизировали в 100 мМ трис-НСl буфере (рН 7,2) (в соотношении 1 : 19) при комнатной температуре и центрифугировали при 3000g в течение 5 мин. Супернатанты хранились при -20 °С в стерильных условиях.

Радужная форель содержалась в отделе исследований лососевых рыб Института пресноводного рыбного хозяйства (Жуково, Польша). Использовали клинически здоровую радужную форель с массой тела 80–120 г, которую содержали в 250-литровых резервуарах (по 70–75 рыб) при температуре воды 16±2 °С и рН 7,5. Уровень растворенного кислорода составлял около 12 м. д. с дополнительной подачей кислорода с потоком воды 25 л/мин. Рыбу кормили коммерческим гранулированным кормом.

Мышечная ткань была выделена из рыб после быстрой декапитации. Образцы тканей промывали и гомогенизировали в ледяном 100 мМ Трис-НСl буфере (рН 7,2), используя стеклянный гомогенизатор H500 (POL-EKO). Полученные 10%-е гомогенаты центрифугировали при 3000g в течение 15 мин. при 4 °С. После центрифугирования супернатант мышечной ткани рыб использовали для инкубации с экстрактами различных видов *Sansevieria* (в соотношении 19 : 1) при комнатной температуре. Контрольную группу (мышечную ткань форели) инкубировали с 100 мМ трис-НСl буфером (рН 7,2) (в соотношении 19 : 1). Время инкубации составляло 2 ч, после чего в инкубированном гомогенате изучали интенсивность процессов перекисного окисления липидов. Содержание белка определялось с использованием метода Брэдфорда [13] с бычьим сывороточным альбумином в качестве стандарта. Абсорбция регистрировалась при 595 нм.

Все ферментативные анализы проводили при 22±0,5 °С с использованием спектрофотометра Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) в шести повторностях. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по содержанию ТБК-активных продуктов [20]. Полученные результаты анализировали с помощью пакета программы STATISTICA 8.0 (StatSoft, Poland) [27].

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные исследования перекисного окисления липидов (ПОЛ) мышечной ткани радужной форели после воздействия экстрактов из листьев различных видов сансевьер показали значительные изменения в содержании ТБК-активных продуктов (таблица).

Основным маркером оценки наличия окислительного стресса является накопление первичных и вторичных продуктов свободнорадикального окисления. В силу стабильности продукты перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот, включая диеновые конъюгаты (ДК) и основной продукт реакции с тиобарбитуровой кислотой – малоновый диальдегид (МДА), являются наиболее информативными маркерами развития перекисного окисления липидов.

Как показали результаты наших исследований, содержание ТБК-активных продуктов (маркера ПОЛ) в контрольной пробе гомогената мышечной ткани рыб составило

(50,53±4,23) нмоль/мг белка. Результаты инкубации мышечной ткани с экстрактами растений показывают, что содержание ТБК-активных продуктов варьируют в пределах от (48,06±5,35) до (76,86±6,64) нмоль/мг белка. Существенное увеличение содержания ТБК-активных продуктов было отмечено у экстрактов из *S. cylindrica*, *S. canaliculata*, *S. trifasciata*, *S. metallica* (увеличение содержания ТБК-активных продуктов на 52,1, 44,4, 43,1, 40,1 %, $p < 0,05$ соответственно) по сравнению с контрольной группой мышечного гомогената. Инкубация с экстрактами видов *S. forsaoliiana*, *S. parva*, *S. hyacinthoides* сопровождалось несущественными изменениями содержания маркера ПОЛ–ТБК-активных продуктов (64,57±5,33, 63,78±6,56 и 63,06±6,22 нмоль/мг белка соответственно). Экстракты листьев *S. fisheri*, *S. intermedia*, *S. gracilis* и *S. kirkii* также несущественно изменяли содержание маркеров ПОЛ [(58,46±5,03), (57,88±5,64), (57,41±4,60), (56,41±5,39) нмоль/мг белка соответственно] (таблица).

Содержание маркеров перекисного окисления липидов–ТБК-активных продуктов в мышечной ткани радужной форели после инкубации с экстрактами из листьев различных видов сансевьер (M±m, n=6)

The content of markers of lipid peroxidation–TBA-active products in the muscular tissue of rainbow trout after incubation with extracts from leaves of various species of Sansevieria (M±m, n=6)

Виды	Содержание ТБК-активных продуктов, нмоль/мг белка	Достоверность, р
Контрольная группа	50,53±4,23	
<i>Sansevieria francisii</i>	48,06±5,35	0,723
<i>Sansevieria caulescens</i>	53,21±1,80	0,672
<i>Sansevieria suffruticosa</i>	54,32±3,55	0,571
<i>Sansevieria roxburghiana</i>	55,79±4,60	0,453
<i>Sansevieria metallica</i>	70,83±3,01*	0,006
<i>Sansevieria hyacinthoides</i>	63,06±6,22	0,111
<i>Sansevieria cylindrica</i>	76,86±6,64*	0,003
<i>Sansevieria canaliculata</i>	72,97±8,04*	0,015
<i>Sansevieria aethiopica</i>	55,58±3,23	0,446
<i>Sansevieria kirkii</i>	56,41±5,39	0,420
<i>Sansevieria trifasciata</i>	72,31±7,26*	0,014
<i>Sansevieria forsaoliiana</i>	64,57±5,33	0,065
<i>Sansevieria fisheri</i>	58,46±5,03	0,273
<i>Sansevieria dooneri</i>	54,53±5,03	0,575
<i>Sansevieria intermedia</i>	57,88±5,64	0,322
<i>Sansevieria gracilis</i>	57,41±4,60	0,329
<i>Sansevieria parva</i>	63,78±6,56	0,099

* – изменения статистически достоверные ($p < 0,05$) в сравнении с контрольной группой.

Окислительный стресс – нарушение окислительно-антиоксидантного баланса в организме – наблюдается практически при всех заболеваниях и, соответственно, рассматривается сегодня в качестве неспецифических реакций при патологических процессах [3]. В течение последних двух десятилетий окислительный стресс принадлежит к числу наиболее

широко обсуждаемых в биологии тем. Среди многочисленных патологий, которые в настоящее время связывают с окислительным стрессом, часто называют атеросклероз, сахарный диабет, нейродегенеративные расстройства, злокачественные и аутоиммунные заболевания, ревматизм и т.д. [12], поэтому первичный скрининг препаратов с антиоксидантными свойствами, перспективных для использования в качестве лекарственных и профилактических средств, является достаточно актуальной и важной проблемой. Наиболее широко используемым методом анализа карбонильных продуктов ПОЛ является определение содержания веществ, реагирующих с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК-продукты). Однако уровень ПОЛ зависит не только от уровня накопления свободных радикалов, но и от функций антиоксидантной защиты [1].

В исследовании, посвященном *S. roxburghiana* и *S. trifasciata*, было обнаружено присутствие таких важных соединений, как алкалоиды, флавоноиды, сапонины, гликозиды, терпеноиды, танины, белки и углеводы [9]. В настоящее время растет число исследований физико-химических и биологических свойств вторичных метаболитов высших растений, широко используемых в народной медицине, к которым относится и семейство алкалоидов и флавоноидов. Алкалоиды, как правило, обладают более высокими показателями биологической активности, в том числе мощными антиоксидантными свойствами [23]. Полифенольные соединения также способны взаимодействовать с гидроксильным (L-O•)- и пероксильным (L-OO•)-радикалами липидов (алькоксилами) благодаря их способности отдавать электрон (или атом водорода). В результате образуются радикалы фенолов – феноксила, которые не участвуют в распространении окислительного процесса [6].

Стероидные сапонины, тритерпеноиды и флавоноиды, присутствующие в этанольном экстракте *S. trifasciata*, проявляют антиаллергическую и антиадгезивную активность (ингибирование высвобождения химических медиаторов из тучных клеток [10]). Более того, гидроэтанольный экстракт корня *S. liberica* и водно-спиртовой экстракт из корневища *S. roxburghiana* обладают значительной противоопухолевой активностью [7, 17]. Кроме того, экстракты из диэтилового эфира, спирта и ацетона корневища *S. roxburghiana* проявили антибактериальную активность относительно *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus aureus* [24].

Выводы

Таким образом, анализ представленных данных позволяет заключить, что наиболее токсичными среди изученных экстрактов при оценке *in vitro* антиоксидантных свойств в отношении мышечной ткани радужной форели являются экстракты листьев *S. cylindrica*, *S. canaliculata*, *S. trifasciata*, *S. metallica*. Результаты изучения показателей перекисного окисления липидов в мышечной ткани радужной форели свидетельствуют о разной степени их выраженности в зависимости от химического состава исследуемых видов. При этом некоторые из изученных соединений увеличивают свободнорадикальную активность, т.е. проявляют прооксидантные свойства. Это не противоречит данным литературы, согласно которым проявление анти- или прооксидантных свойств зависит от химической природы соединений, их концентрации и т.д.

This study was carried out during Scholarship Program supported by The Polish National Commission for UNESCO in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk (Poland). We thank to The Polish National Commission for UNESCO for the supporting of our study.

Список литературы

1. Владимиров Ю.А., Азизова О.А., Деев А.И. и др. Свободные радикалы в живых системах // Итоги науки и техники. Биофизика. 1992. Т. 29. С. 3–250.
2. Гамыгин Е.А. Кормление лососевых рыб в индустриальной аквакультуре: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1996. 77 с.
3. Зенков Н.К., Ланкин В.З., Меньшикова Е.Б. Окислительный стресс. М. : Наука, Интерпериодика, 2001. 343 с.
4. Микряков В.Р. Закономерности функционирования иммунной системы пресноводных рыб: дис. ... д-ра биол. наук. Б., 1984. 471 с.
5. Новоскольцева Т.М. Аэромонос карпов: совершенствование мер борьбы и профилактики болезни: дис. ... канд. вет. наук. М., 2002. 207 с.
6. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю.С. Тараховский, Ю.А. Ким, Б.С. Абдрасилов, Е.Н. Музафаров, (отв. ред. Е.И. Маевский). Пушино: Synchrobook, 2013. 310 с.
7. Akindele, A.J. *In Vitro* and *In Vivo* Anticancer Activity of Root Extracts of *Sansevieria liberica* Gerome and Labroy (*Agavaceae*) / A.J. Akindele, Z.A. Wani, S. Sharma, G. Mahajan, N.K. Satti, O.O. Adeyemi, D.M. Mondhe, A.K. Saxena // Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2015. Article ID 560404.
8. Alfani, A. Histochemistry, ultrastructure and possible significance of dead parenchyma cells with specialized walls in the leaf and rhizome of *Sansevieria* / A. Alfani, R. Ligrone, A. Fioretto, A. Virzo de Santo // Plant Cell and Environment. 1989. № 12. P. 249–259.
9. Anbu, J.S. Analgesic and antipyretic effects of *Sansevieria trifasciata* leaves / J.S. Anbu, P. Jayaraj, R. Varatharajan, J. Thomas, J. Jisha, M. Muthappan // Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med. 2009. 6(4). P. 529–533.
10. Andhare, R.N. Evaluation of antiallergic and anti-anaphylactic activity of ethanolic extract of *Sansevieria trifasciata* leaves (EEST) in rodents / R.N. Andhare, M.K. Raut, S.R. Naik // J. Ethnopharmacol. 2012. 142(3). P. 627–633.
11. Antychowicz, J. Choroby i zatrucia ryb. Warszawa : Wyd. SGGW, 1996. 359 s.
12. Birben, E. Oxidative stress and antioxidant defense / E. Birben, U.M. Sahiner, C. Sackesen, S. Erzurum, O. Kalayci // World Allergy Organ J. 2012. 5(1). P. 9–19.
13. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. 72. P. 248–254.
14. Brown N.E. A monograph of all the known species // Bulletin of Miscellaneous Information. 1915. № 5. P. 185–261.
15. Burkill H.M. The Useful Plants of West Tropical Africa // Royal Botanic Gardens, Kew. 1985. Vol. 3.
16. Chigozie I.J., Chidinma I.C. Positive moderation of the hematology, plasma biochemistry and ocular indices of oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats, by an aqueous extract of the leaves of *Sansevieria liberica* Gerome and Labroy // Asian Pac. J. Trop. Med. 2013. 6(1). P. 27–36.
17. Haldar, P.K. Antidiabetic activity and modulation of antioxidant status by *Sansevieria roxburghiana* rhizome in streptozotocin-induced diabetic rats / P.K. Haldar, B. Kar, S. Bhattacharya, A. Bala, S. R. B. Kumar // Diabetologia Croatica. 2010. 39(4). P. 115–123.
18. Hedberg I., Staugard F. Traditional medicinal plants: Traditional medicine in Botswana. Broadhurst, Gaborone : Ipeleng publishers, 1989. 324 p.
19. Ikewuchi C.C. Hypocholesterolemic effect of an aqueous extract of the leaves of *Sansevieria senegambica* Baker on plasma lipid profile and atherogenic indices of rats fed egg yolk supplemented diet // EXCLI J. 2012. 11. P. 346–356.

20. Kamyshnikov V.S. Reference book on clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics. M. : MEDpress-inform, 2004 (in Russian).

21. Khalumba, M.L. Uses and conservation of some highland species of the genus *Sansevieria* Thunb. in Kenya / M.L. Khalumba, P.K. Mbugua, J.B. Kung'u // African Crop Science Conference Proceedings. 2005. 7. P. 527–532.

22. Purseglove J.W. Tropical crops. Monocotyledons 1. London : Longman groups Ltd, 1972.

23. Senchina, D.S. Alkaloids and athlete immune function: caffeine, theophylline, gingerol, ephedrine, and their congeners // D.S. Senchina, J.E. Hallam, M.L. Kohut, N.A. Nguyen, M.A. Perera // Exerc. Immunol. Rev. 2014. 20. P. 68–93.

24. Sheela D.J. Antimicrobial activity and phytochemical analysis of *Sansevieria roxburghiana* leaf / D.J. Sheela, S. Jeeva, I.M.R. Shamila, N.C.J. Packia Lekshmi, J. Raja Brindha // Asian J. Plant Sci. Res. 2012. 2(1). P. 41–44.

25. Staples G.W., Herbst D.R. A Tropical Garden Flora: Plants cultivated in the Hawaiian Island and other tropical places. – Honolulu, Hawaii : Bishop Museum Press, 2005. 908 p.

26. Takawira-Nyenyua, T. Ethnobotanical uses of *Sansevieria* Thunb. (*Asparagaceae*) in Coast Province of Kenya / T. Takawira-Nyenyua, L.E. Newton, E. Wabuye, B. Stedje // Ethnobotany Research and Application. 2014. 12(1). P. 51–69.

27. Zar J.H. Biostatistical Analysis 4th ed. New Jersey : Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1999. 663 p.

Сведения об авторах: Маринюк Мирослава Михайловна, ведущий инженер, e-mail: Miroslava.Marinyuk@yandex.ru;

Харченко Игорь Иванович, кандидат биологических наук, e-mail: kharchenko.ing@gmail.com;

Ткаченко Галина Михайловна, кандидат биологических наук, e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl;

Буюн Людмила Ивановна, доктор биологических наук, e-mail: buyun@nbg.kiev.ua;

Виташек Марлена, студентка, e-mail: mena9wit@wp.pl;

Пажонтка-Липинский Павел, студент, e-mail: pajon7@vp.pl;

Осадовский Збигнев, доктор биологических наук, e-mail: zbigniew.osadowski@apsl.edu.pl.

ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО. АКУСТИКА

УДК 539.3

С.М. Балабаев, Н.Ф. Ивина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ФОРМЕ ПОЛОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА

Получена система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая собственные колебания пьезопреобразователя в форме полого эллиптического цилиндра. Для решения поставленной задачи применена теория электромагнитного поля, теория упругости и электроупругости, уравнения математической физики, элементы тензорного анализа и ортогональные криволинейные координаты.

Ключевые слова: пьезопреобразователь, ортогональные криволинейные координаты, собственные колебания.

S.M. Balabaev, N.F. Ivina

MATHEMATICAL MODEL OF HYDROACOUSTIC PIEZOTRANSDUCER IN THE FORM OF A HOLLOW ELLIPTIC CYLINDER

The system of partial differential equations describing the natural oscillations of the piezoelectric transducer in the form of a hollow elliptic cylinder is obtained. Electromagnetic field theory, theory of elasticity and electro-elasticity, equations of mathematical physics, elements of tensor analysis and orthogonal curvilinear coordinates applied to the solution of this problem.

Key words: piezoelectric transducer, orthogonal curvilinear coordinates, natural oscillations.

Введение

Пьезокерамические преобразователи (пьезопреобразователи) являются одним из основных типов гидроакустических излучателей и приемников, применяемых на практике. Одним из достоинств пьезокерамики является возможность изготовления преобразователей различных геометрических форм. К настоящему времени разработана в основном классическая одномерная теория расчета пьезопреобразователей простейших геометрических форм: длинных стержней, коротких и длинных полых круговых цилиндров, тонких пластин. Эта теория не охватывает другие типы преобразователей, представляющих практический интерес с точки зрения получения широкой полосы излучения и формирования заданных характеристик направленности.

Для анализа математических моделей пьезопреобразователей классических типов применяются самые простые системы координат: прямоугольная и цилиндрическая. Это связано с тем, что их одномерные математические модели описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, которые в этих системах имеют наиболее простой вид. Кроме того, в применяемом математическом аппарате необходимо, чтобы пьезопреобразователь был ограничен координатными поверхностями соответствующей системы координат, на которых задаются необходимые краевые условия.

Применение других известных систем ортогональных криволинейных координат позволит разработать математические модели пьезопреобразователей неклассических форм, например, в виде эллиптического цилиндра, эллипсоида вращения и некоторых других. Эти преобразователи могут обладать и определенными преимуществами при использовании их в качестве гидроакустических излучателей с точки зрения расположения в корпусе обтекателя подводного аппарата и формирования определенной характеристики направленности.

Целью настоящей работы является разработка математической модели преобразователя неклассического типа в виде эллиптического полого цилиндра.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является гидроакустический излучатель неклассического типа в форме полого эллиптического цилиндра, ограниченный координатными поверхностями эллиптической цилиндрической системы криволинейных ортогональных координат. Для решения поставленной задачи применена теория электромагнитного поля, теория упругости и электроупругости, уравнения математической физики, элементы тензорного анализа и ортогональные криволинейные координаты.

Результаты и их обсуждение

Предварительно рассмотрим систему эллиптических цилиндрических координат [1–3]. Координатными линиями этой системы в плоскости xOy являются два взаимно ортогональных семейства софокусных эллипсов и гипербол. При параллельном переносе по перпендикуляру к плоскости xOy рассматриваемые эллипсы и гиперболы опишут эллиптические и гиперболические цилиндры, образующие две системы взаимно ортогональных поверхностей. Третья система координатных поверхностей состоит из плоскостей, параллельных плоскости xOy . Уравнения координатных поверхностей в прямоугольной (x, y, z) и эллиптической цилиндрической системах (v, η, z) имеют вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x^2}{d^2 ch^2 v} + \frac{y^2}{d^2 sh^2 v} = 1, \\ \frac{x^2}{d^2 \cos^2 \eta} - \frac{y^2}{d^2 \sin^2 \eta} = 1, \\ z = const. \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} v = const, \\ \eta = const, \\ z = const. \end{array} \right.$$

Эллиптические цилиндрические координаты связаны с прямоугольными координатами соотношениями

$$\left\{ \begin{array}{l} x = dchv \cos \eta, \\ y = dshv \sin \eta, \\ z = z. \end{array} \right.$$

Так как поляризация рассматриваемого цилиндра предполагается перпендикулярной к цилиндрическим эллиптическим поверхностям (частным случаем является хорошо известный радиально поляризованный круговой пьезоцилиндр), то криволинейные эллиптические координаты должны быть пронумерованы следующим образом: $\alpha_1 = z$, $\alpha_2 = \eta$, $\alpha_3 = \nu$.

Тогда коэффициенты Ляме [4] равны $h_1 = 1$, $h_2 = h_3 = dh$, где $h = (sh^2\nu + \sin^2\eta)^{1/2}$, $2d$ – расстояние между фокусами.

Векторные дифференциальные операторы

Градиент

$$\text{grad}\Phi = \frac{1}{dh} \left(\frac{\partial\Phi}{\partial\nu} \bar{e}_\nu + \frac{\partial\Phi}{\partial\eta} \bar{e}_\eta \right) + \frac{\partial\Phi}{\partial z} \bar{e}_z, \quad (1)$$

где \bar{e}_ν , \bar{e}_η , \bar{e}_z – единичные векторы, касательные к соответствующим координатным линиям и направленные в сторону возрастания этих параметров.

Дивергенция

$$\text{div}\bar{u} = \frac{1}{2dh^3} (sh2\nu u_\nu + \sin 2\eta u_\eta) + \frac{1}{dh} \left(\frac{\partial u_\nu}{\partial\nu} + \frac{\partial u_\eta}{\partial\eta} \right) + \frac{\partial u_z}{\partial z}. \quad (2)$$

Ротор

$$\begin{aligned} \text{rot}\bar{u} = & \left(\frac{1}{dh} \frac{\partial u_z}{\partial\eta} - \frac{\partial u_\eta}{\partial z} \right) \bar{e}_\nu + \left(\frac{\partial u_\nu}{\partial z} - \frac{1}{dh} \frac{\partial u_z}{\partial\nu} \right) \bar{e}_\eta + \\ & + \left[\frac{1}{2dh^3} (sh2\nu u_\eta - \sin 2\eta u_\nu) + \frac{1}{dh} \left(\frac{\partial u_\eta}{\partial\nu} - \frac{\partial u_\nu}{\partial\eta} \right) \right] \bar{e}_z. \end{aligned} \quad (3)$$

Теперь можно приступить к разработке математической модели пьезопреобразователя в виде полого эллиптического цилиндра. Пьезопреобразователь выполнен из пьезокерамики и ограничен двумя эллиптическими цилиндрами, на которых нанесены серебряные электроды. Большая полуось внутреннего эллипса равна a , большая полуось внешнего эллипса равна b . Преобразователь может быть акустически нагружен по внешней поверхности и иметь внутреннее заполнение. В режиме излучения на пьезопреобразователь подается электрическое напряжение $V \exp(-i\omega t)$ (V – амплитуда электрического напряжения; ω – круговая частота; t – время; i – мнимая единица). В режиме приема упругая волна, падающая на преобразователь, генерирует в нем электрическое напряжение, которое снимается с его электродов и подается на электронный блок.

В основу решения задачи о колебаниях пьезопреобразователя должны быть положены дифференциальные уравнения движения, уравнения Максвелла для электромагнитного поля, система электромеханических уравнений состояния и граничные условия для упругих и электрических полевых тензоров.

Поскольку в интересующем нас диапазоне частот размеры преобразователя значительно меньше длины электромагнитной волны, уравнения Максвелла можно заменить уравнениями электростатики, которые при отсутствии свободных зарядов имеют вид

$$\operatorname{div} \bar{D} = 0, \quad (4)$$

$$\operatorname{rot} \bar{E} = 0, \quad (5)$$

где \bar{D} – вектор электрической индукции; \bar{E} – напряженность электрического поля. Дифференциальные уравнения движения в тензорной записи имеют вид [5]

$$\rho \frac{\partial^2 u_k}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{kl}}{\partial \alpha_l}, \quad (6)$$

где ρ – плотность пьезокерамики; u_k – компонента смещения, σ_{kl} – тензор напряжений. Систему электромеханических уравнений состояния запишем в виде

$$\begin{cases} \sigma_{kl} = c_{klij}^E s_{ij} - e_{klm} E_m, \\ D_n = e_{nij} s_{ij} + \varepsilon_{nm}^S E_m, \end{cases} \quad (7)$$

где c_{klij}^E – тензор модулей упругости при постоянном электрическом поле; e_{klm} – тензор пьезоэлектрических постоянных; s_{ij} – тензор деформации; ε_{nm}^S – тензор диэлектрической проницаемости при постоянной деформации. Перепишем систему (7) в матричных обозначениях

$$\begin{cases} \sigma_i = c_{ij}^E s_j - e_{im} E_m, & (i, j = 1 \div 6), \\ D_n = e_{nj} s_j + \varepsilon_{nm}^S E_m, & (m, n = 1 \div 3). \end{cases} \quad (8)$$

$$\quad (9)$$

В дальнейшем анизотропией пьезокерамики и прямым пьезоэффектом будем пренебрегать, поскольку такое же допущение принимается и в большинстве работ, в которых рассматривается классическая одномерная теория для пьезопреобразователей известных типов. Тогда упругие постоянные керамики будут описываться только двумя упругими постоянными Ламе: λ и μ . Также предполагаем, что у индукции и напряженности электрического поля отлична от нуля только одна компонента (D_y, E_y), перпендикулярная координатным поверхностям, на которых нанесены электроды. Тогда уравнение (9) запишем в виде

$$D_y = \varepsilon E_y. \quad (10)$$

Ограничимся анализом работы пьезопреобразователя в режиме излучения при гармонической зависимости от времени $\exp(-i\omega t)$, временной множитель в дальнейших выкладках опускается.

Из уравнения (4) с учетом (10) находим напряженность $E_y = C / h$. Проинтегрировав напряженность, определим C . В результате получим

$$E_v = V / \left(dh \ln \frac{b + \sqrt{b^2 - d^2}}{a + \sqrt{a^2 - d^2}} \right).$$

Введем обозначение $V_1 = V / \left(\ln \frac{b + \sqrt{b^2 - d^2}}{a + \sqrt{a^2 - d^2}} \right)$, тогда $E_v = V_1 / (dh)$.

Условие (5) также выполняется:

$$\text{rot} \bar{E} = \left[\frac{1}{2dh^3} \left(-\sin 2\eta \frac{V_1}{dh} \right) - \frac{1}{dh} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{V_1}{dh} \right) \right] \bar{e}_z = \left(-\frac{V_1 \sin 2\eta}{2d^2 h^4} + \frac{V_1 \sin 2\eta}{2d^2 h^4} \right) \bar{e}_z = 0.$$

В статье [4] для описания колебаний пьезопреобразователя в произвольной ортогональной системе криволинейных координат получено неоднородное векторное дифференциальное уравнение

$$(\lambda + 2\mu) \text{grad}(\text{div} \bar{u}) - \mu \text{rot}(\text{rot} \bar{u}) + \rho \omega^2 \bar{u} = -\bar{F}, \quad (11)$$

где \bar{F} – возбуждающая сила, обусловленная электрическим полем.

Распишем векторное уравнение движения (11) для компонент смещения, используя выражения для векторных дифференциальных операторов (1–3), в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных для пьезопреобразователя рассматриваемого типа:

$$\begin{aligned} & (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u_v}{\partial v^2} + \mu \frac{\partial^2 u_v}{\partial \eta^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 u_\eta}{\partial \eta \partial v} - (\lambda + 3\mu) \frac{sh 2v}{2h^2} \frac{\partial u_\eta}{\partial \eta} + \\ & + (\lambda + 3\mu) \frac{\sin 2\eta}{2h^2} \frac{\partial u_\eta}{\partial v} + \frac{u_v}{4h^4} \left[\lambda (4h^2 ch 2v - 3sh^2 2v) + 4\mu h^2 (2ch 2v + \cos 2\eta) - \right. \\ & \left. - 3\mu (2sh^2 2v + \sin^2 2\eta) \right] - \frac{3u_\eta (\lambda + \mu) sh 2v \sin 2\eta}{4h^4} + \rho \omega^2 d^2 h^2 u_v = -d^2 h^2 F_v, \\ & (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u_\eta}{\partial \eta^2} + \mu \frac{\partial^2 u_\eta}{\partial v^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 u_v}{\partial \eta \partial v} - (\lambda + 3\mu) \frac{\sin 2\eta}{2h^2} \frac{\partial u_v}{\partial v} + \\ & + (\lambda + 3\mu) \frac{sh 2v}{2h^2} \frac{\partial u_v}{\partial \eta} + \frac{u_\eta}{4h^4} \left[\lambda (4h^2 \cos 2\eta - 3 \sin^2 2\eta) + 4\mu h^2 (2 \cos 2\eta + ch 2v) - \right. \\ & \left. - 3\mu (2 \sin^2 2\eta + sh^2 2v) \right] - \frac{3u_v (\lambda + \mu) sh 2v \sin 2\eta}{4h^4} + \rho \omega^2 d^2 h^2 u_\eta = -d^2 h^2 F_\eta. \end{aligned} \quad (12)$$

Выражения для компонент возбуждающей электрической силы для общего случая получены в статье [4], приведем их окончательные выражения для рассматриваемого типа пьезопреобразователя:

$$F_{\eta} = \frac{1}{d^2 h^2} \left[e_{33} \frac{V_1}{dh} \frac{\partial(dh)}{\partial \eta} - \frac{\partial}{\partial \eta} \left(d h e_{31} \frac{V_1}{dh} \right) \right] = \frac{V_1 e_{33} \sin 2\eta}{2d^2 h^4},$$

$$F_v = \frac{1}{d^2 h^2} \left[e_{31} \frac{V_1}{dh} \frac{\partial(dh)}{\partial v} - \frac{\partial}{\partial v} \left(d h e_{33} \frac{V_1}{dh} \right) \right] = \frac{V_1 e_{31} sh 2v}{2d^2 h^4}.$$

Если пьезопреобразователь нагружен с акустической стороны, то уравнения движения пассивной среды получаются из (12) при $\bar{F} \equiv 0$. Также будем полагать, что пьезопостоянные не зависят от координат, такое допущение будет справедливо, если поляризация всех участков пьезокерамики достигла насыщения.

На свободных поверхностях пьезопреобразователя должны выполняться следующие граничные условия: отсутствие касательных и нормальных механических напряжений. На нагруженных на жидкость поверхностях преобразователя должны выполняться граничные условия: отсутствие касательных напряжений, непрерывность нормальных смещений и нормальных напряжений.

Компоненты тензора напряжений (закон Гука с учетом обратного пьезоэффекта: уравнение (8)), которые понадобятся при решении краевых задач для выполнения граничных условий, равны

$$\sigma_{vv} = \frac{(\lambda + 2\mu)}{2dh^3} \left(2h^2 \frac{\partial u_v}{\partial v} + \sin 2\eta u_{\eta} \right) + \frac{\lambda}{2dh^3} \left(sh 2v u_v + 2h^2 \frac{\partial u_{\eta}}{\partial \eta} \right) - e_{33} \frac{V_1}{dh},$$

$$\sigma_{\eta\eta} = \frac{(\lambda + 2\mu)}{2dh^3} \left(2h^2 \frac{\partial u_{\eta}}{\partial \eta} + sh 2v u_v \right) + \frac{\lambda}{2dh^3} \left(\sin 2\eta u_{\eta} + 2h^2 \frac{\partial u_v}{\partial v} \right) - e_{31} \frac{V_1}{dh},$$

$$\sigma_{v\eta} = \frac{\mu}{2dh^3} \left[2h^2 \left(\frac{\partial u_v}{\partial \eta} + \frac{\partial u_{\eta}}{\partial v} \right) - \sin 2\eta u_v - sh 2v u_{\eta} \right].$$

Выводы

На основе теории электромагнитного поля, теории упругости и электроупругости, уравнений математической физики и элементов тензорного анализа получена математическая модель пьезопреобразователя в форме полого эллиптического цилиндра в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных (12). Решение полученной системы дифференциальных уравнений при соответствующих граничных условиях существующими аналитическими методами представляет значительные (и, вероятно, непреодолимые в настоящее время) математические трудности. Именно поэтому аналитическими методами решены только простейшие одномерные задачи для преобразователей классических типов. Более перспективными и реальными методами анализа пьезопреобразователей нетрадиционных типов являются численные методы. Для анализа собственных колебаний преобразователей – метод конечных элементов. Для анализа акустического излучения – комбинированный метод конечных и граничных элементов и комбинированные

численно-аналитические методы. Достаточно подробно все эти методы рассмотрены в монографиях авторов [6–8] для анализа неодномерных моделей преобразователей классических типов.

Список литературы

1. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров. М. : Наука, 1967. 780 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М. : Наука, 1973. 832 с.
3. Маделунг Э. Математический аппарат физики. М. : Наука, 1968. 620 с.
4. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Гидроакустические преобразователи нетрадиционных типов и их математические модели // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2016. Т. 39. С. 81–88.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 7. Теория упругости. М. : Наука, 1987. 248 с.
6. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Компьютерное моделирование колебаний и излучения тел конечных размеров (методы конечных и граничных элементов). Владивосток : Дальнаука, 1996. 213 с.
7. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Компьютерное моделирование и анализ собственных колебаний пьезопреобразователей методом конечных элементов. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2007. 242 с.
8. Балабаев С.М., Ивина Н.Ф. Компьютерное моделирование и анализ излучения гидроакустических пьезопреобразователей и антенн. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2013. 196 с.

Сведения об авторах: Балабаев Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, e-mail: ivinanata@yandex.ru;

Ивина Наталья Федоровна, доктор технических наук, доцент, e-mail: ivinanata@yandex.ru.

УДК 584.17

М.В. Мироненко¹, Е.Н. Бакланов², П.А. Стародубцев^{2,3}, К.А. Пичугин³

¹ Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Горького, 25

² Дальневосточный государственный технических рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

³ Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова, 690006, г. Владивосток, Днепровский переулок, 6

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ПОЗИЦИОННЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ОКЕАНА

Представлены обзорные материалы теоретических исследований современных позиционных гидроакустических средств для проведения широкомасштабного мониторинга океанской среды, по результатам которого создаются комплексные эксперименты, предназначенные для изучения различных гидродинамических процессов естественного происхождения, техногенных явлений в океане и его прибрежной зоне, развития морского приборостроения в целом.

Ключевые слова: мониторинг акватории, гидроакустическая антенна, гидроакустическая трасса, гидроакустическая станция.

M.V. Mironenko, E.N. Baklanov, P.A. Starodubtcev, K.A. Pichugin

BRIEF ANALYSIS OF PERSPECTIVE TECHNOLOGIES OF POSITIONAL HYDROACOUSTIC MEANS OF COMPLEX MONITORING OF THE OCEAN

The article presents review materials of theoretical studies of modern positional hydroacoustic instruments for large-scale monitoring of the ocean environment, based on the results of which complex experiments are created, designed to study various hydrodynamic processes of natural origin, man-caused phenomena in the ocean and its coastal zone, and the development of marine instrumentation in general.

Key words: water area monitoring, hydroacoustic antenna, hydroacoustic track, hydroacoustic station.

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН) с опытно-экспериментальным производством и испытательными полигонами на побережье Охотского моря ориентировано на разработку автономных, кабельных, буксируемых и зондирующих автоматизированных средств и систем, предназначенных для проведения акустических, гидрофизических, сейсмических исследований в океане и непрерывного измерения колебаний уровня моря у южных берегов о. Сахалин.

СКБ САМИ ДВО РАН в последние десятилетия вело интенсивную разработку перспективных технологий создания позиционных гидроакустических средств (ПГАС) мониторинга океана. Их разработка производилась с учетом эксклюзивных, присущих для дальневосточных морей, характеристик подводных звуковых каналов (ПЗК) [1,2], обеспечивающих дальнейшее распространение звука.

Традиционно в составе ПГАС использовались пространственно-развитые антенны, установленные на склоне берегового шельфа и соединенные с береговой анализирующей аппаратурой. Такое построение ПГАС по ряду причин является экономически нецелесообразным. На основании анализа существующего состояния вопроса и опыта создания и эксплуатации подобных средств в Российской Федерации и за рубежом была разработана и реализована новая концепция проектирования и изготовления ПГАС [3].

Было предположено:

1. Отойти от проектирования громоздких дорогостоящих приемных антенн и перейти к созданию относительно простых и дешевых в изготовлении приемных модулей, позволяющих путем рационального размещения создавать зоны или рубежи мониторинга морских акваторий с необходимыми характеристиками.

2. При разработке новых технологий использовать последние достижения в области методов и средств обработки гидроакустических сигналов, обеспечивающих получение максимальной помехоустойчивости приёмных трактов и минимизацию массогабаритных характеристик и энергопотребления.

3. Для обмена данными применять спутниковую систему связи «Гонец» и существующие средства корабельной и береговой связи.

4. Вся аппаратуру обработки сигналов размещать непосредственно в приемном модуле.

5. Достижение необходимых показателей в приемных модулях обеспечивать использованием пространственно развитых объемных фазированных антенных решеток со встроенным модулем обработки сигналов, для чего впервые в практике создания такого вида антенн было предложено:

- при приеме сигнала формировать стабилизированный к изменениям положения антенны на подводных течениях веер диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях для приема наиболее энергонесущих лучей;

- адаптировать антенную решетку к анизотропии помех и лучевой структуре сигнала;

- применять цифровую обработку для снижения потерь полезного сигнала во входных цепях антенны и снижения энергопотребления;

- размещать предварительный усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и сигнальный процессор внутри каждого гидрофона.

Макет такой гидроакустической антенны прошел испытания в Охотском море (рис. 1).

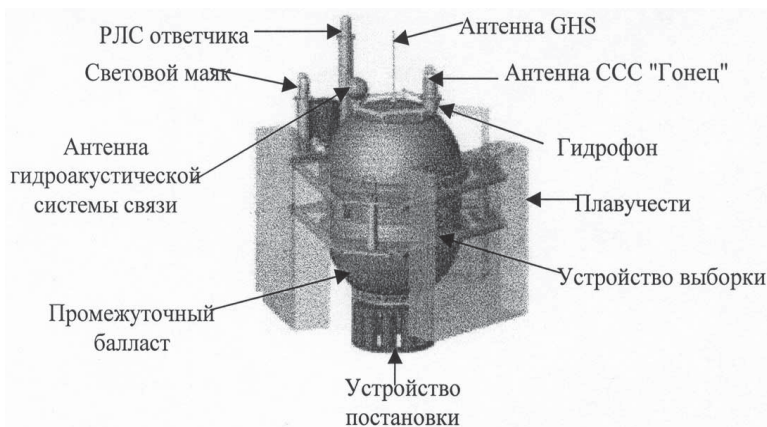


Рис. 1. Позиционное гидроакустическое средство
Fig. 1. Positional hydroacoustic device

В гидроакустических и гидрофизических исследованиях [5] использовалось уникальное оборудование, в том числе создаваемое в СКБ САМИ в кооперации с Институтом общей физики РАН (ИОФРАН). Разработано программное обеспечение документации, архивирования и передачи данных о надводной обстановке с использованием опытного образца терминала низкоорбитальных спутников системы «Гонец».

При создании антенн максимально использовались новые технологии и материалы. В частности, резина заменялась современными полиуретанами, что позволяло резко снижать массу подводной части и тем самым упрощать их постановку и выборку.

Размещение модуля обработки сигналов непосредственно в антенне позволяло на три порядка и более снизить требования к скорости передачи данных по сравнению с кабельными линиями связи. Так, для передачи информации от приемного модуля достаточно скорости обмена данными на уровне одноканальной телефонной линии. Поэтому наряду с автономным вариантом предусматривалось использование стационарного варианта с магистральной кабельной волоконно-оптической линией связи, сопряженной с подводным модулем. Подводный кабель использовался по прямому назначению, и в его конструкции предусматривались подводные абонентские пункты в точках установки антенн. При этом обеспечивалось электрическое и информационное сопряжение антенн с кабельной линией связи без ее подъема.

Ориентации гидроакустической антенны в пространстве обеспечивалась 3-координатными датчиками положения. Такие датчики обеспечивали непрерывное измерение положения антенны относительно вертикальной плоскости и ее направления на север, в результате чего антенна хорошо фазировалась при ее отклонении от вертикали и вращении вокруг оси якорного троса под воздействием подводных течений. Для теоретического расчета характеристик направленности сложной многоэлементной гидроакустической антенны было разработано специальное программное обеспечение.

Размещение аппаратуры обработки данных производилось в сферических корпусах, имеющих в наличии и изготавливаемых в СКБ САМИ ДВО РАН. Конструкции сферических корпусов достаточно хорошо отработаны, унифицированы и подтвердили свою высокую эффективность при длительной эксплуатации в морских условиях [4].

В процессе обработки информации применялись современные программы спектрально-корреляционного и вейвлетного анализа, позволяющие исследовать статистические свойства принимаемых акустических сигналов на стационарной гидроакустической трассе и выполнять анализ этих связей с изменчивостью гидрометеорологической обстановки в районе стационарной гидроакустической трассы с использованием современного АЦП.

Наличие такой аппаратуры обработки и обнаружения позволяло проводить анализ имеющихся экспериментальных данных о звуках морских животных и других биологических объектов в районе стационарной гидроакустической трассы [6]. В результате были выделены характерные звуки, относящиеся к различным поведенческим функциям, а именно: общение между собой, локация водной среды и т.д. На основании полученных результатов была произведена «паспортизация» отдельных типов морских животных, рыб по издаваемым ими звукам с целью дальнейшего прослеживания их на путях миграции и в различных районах обитания (рис. 2).

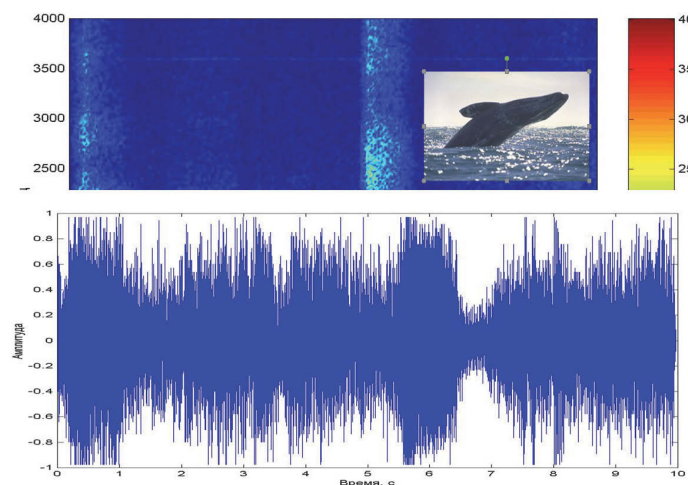


Рис. 2. Осциллограмма (сверху) и сонограмма (внизу) звука, излучаемого серым китом
 Fig. 2. Oscillogram (top) and sonogram (bottom) sound emitted by the gray whale

В настоящее время СКБ САМИ ДВО РАН имеет в своём распоряжении единственную на Дальнем Востоке стационарную гидроакустическую трассу о. Сахалин (приёмный стационар) – о. Итуруп (излучающий стационар) (рис. 3).

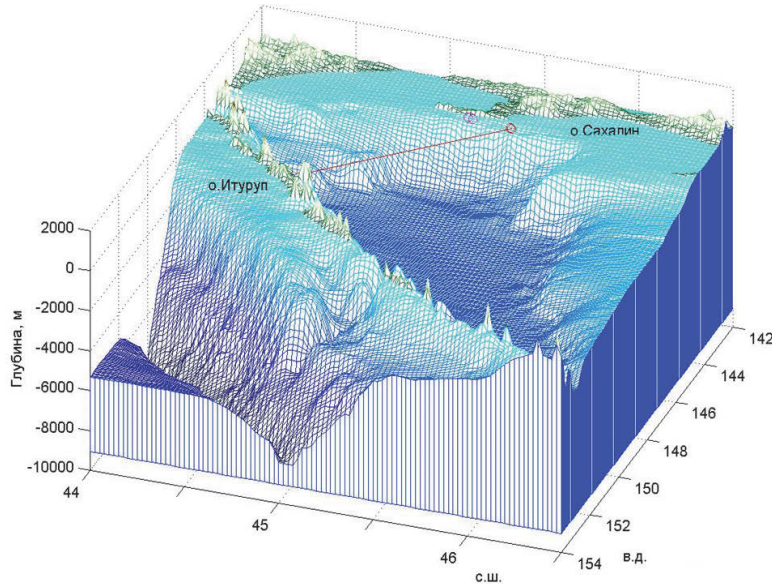


Рис. 3. Стационарная гидроакустическая трасса о. Сахалин – о. Итуруп
Fig. 3. Stationary hydroacoustic track Sakhalin island – Iturup island

За время эксплуатации на этой трассе проведено большое количество экспериментов, в том числе с привлечением зарубежных участников (Science Applications International Corporation). Имеющийся банк экспериментальных данных по применению ПГАС и возможность осуществления новых необходимых морских экспериментов с биологическими объектами позволяет ставить весьма широкий круг задач в области фундаментальных и прикладных научных исследований, особенно в вопросах современного морского приборостроения.

В настоящее время завершился этап создания электронной базы данных, полученных на трассе. Выполнены работы по теоретическому моделированию и построению зависимостей спада уровня звука в районах гидроакустической трассы и их сравнению с экспериментальными данными; изучению влияния сезонной изменчивости на распространение акустического сигнала; получению обобщенных количественных характеристик морской среды; анализу влияния техногенных явлений в районе трассы на характеристики принятого акустического сигнала, а также по исследованию возможности использования сейсмических источников в качестве зондирующего акустического сигнала; получены экспериментальные данные использования ПГАС на акустической трассе.

Подтверждён модельными расчётами обнаруженный посредством измерений на ПГАС район образования постоянного антициклонического вихря в зоне 47° с.ш. и 145° в.д. При анализе записей скорости течений выявлено, что у границ шельфа юго-восточного побережья о. Сахалин и в западной части Курильской глубоководной котловины приливные течения имеют меньшие скорости, чем на шельфе. Для развития процессов широкомасштабного мониторинга океанской среды прорабатывается вопрос об обустройстве в научно-исследовательских и прикладных целях стационарных гидроакустических трасс «о. Сахалин – Приморье» и «о. Сахалин – п-ов Камчатка» и комплексной системы получения, анализа, обработки и передачи информации о состоянии гидрологической и метеорологической обстановки в морях Дальневосточного бассейна (рис. 4). Для чего создается новая программа развития глубоководных позиционных гидроакустических станций и современного морского приборостроения [7].

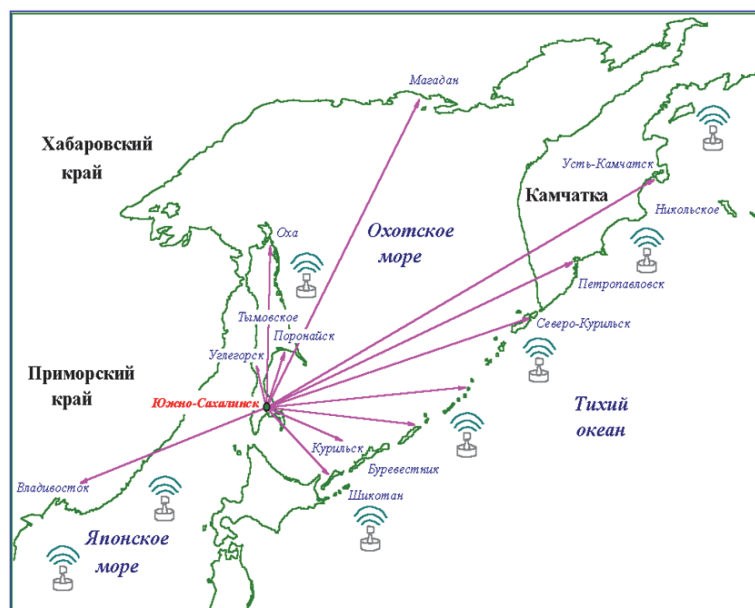


Рис. 4. Эскиз сейсмической и гидрофизической сети наблюдения с центром сбора и обработки оперативных данных в г. Южно-Сахалинске
Fig. 4. Sketch of a seismic and hydrophysical observation network with the center for the collection and processing of operative data in Yuzhno-Sakhalinsk

Выводы

На основании приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

1. У ученых Дальнего Востока есть уникальный измерительный инструмент (автономные позиционные гидроакустические станции) для исследования гидроакустической обстановки в различных районах Мирового океана.
2. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские наработки СКБ САМИ ДВО РАН в области создания необслуживаемых гидроакустических аппаратных комплексов (в том числе с космической компонентой связи), его лабораторная и приборная база, экспериментальный полигон (гидроакустическая трасса), полученный опыт эксплуатационно-диспетчерского обслуживания Сахалинской региональной станцией спутниковой системы связи «Гонец» может быть достаточно эффективно использован при создании глобальной системы мониторинга Мирового океана.

Список литературы

1. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
2. Справочный каталог течений шельфа о. Сахалин / под ред. Е.Н. Морозова. Южно-Сахалинск : Сахалинское УГКС, 1984. 38 с.
3. Стародубцев П.А., Василенко А.М., Мироненко М.В. Просветная система мониторинга гидрофизических полей морской среды как низкочастотная многолучевая параметрическая антенна. М. : Сендидат-Плюс, № 12(175). С.41–43.
4. Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н., Мироненко М.В. Некоторые акустические особенности морских биологических объектов и их использование для обнаружения // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. Т. 32. С. 32–41.
5. Стародубцев П.А., Бакланов Е.Н., Шевченко А.П., Мироненко М.В. Некоторые современные теоретические взгляды на процесс реализации просветных систем мониторинга

характеристик гидрофизических полей морской среды // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2015. Т. 34. С. 39–44.

6. Удинцев Г.Б. Рельеф дна Охотского моря // Тр. ИОАН. 1957. Т. 22. С. 3–76.

7. Ушаков П.В. Фауна Охотского моря и условия ее существования. М. : Изд-во АН СССР, 1953. 457с.

Сведения об авторах:

Мироненко Михаил Владимирович, доктор технических наук, профессор, e-mail: professor@mail.primorye.ru;

Бакланов Евгений Николаевич, доцент, e-mail: baklanoven@mail.ru;

Стародубцев Павел Анатольевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: spa1958@mail.ru;

Пичугин Константин Александрович, доцент, e-mail: pka2004@yandex.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 637.524.24:664.952

В.И. Волченко, А.Ю. Глухарев

Мурманский государственный технический университет,
183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА НОВОГО ВИДА ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ РЫБНОГО СЫРЬЯ

Представлены исследования по совершенствованию белковой и липидной составляющей мясных вареных колбасных изделий. Научно обоснована замена части мясного сырья на рыбное. Разработана технология производства нового вида сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и изолята рыбного белка из мяса путассу. Проведена оптимизация рецептуры мясорыбных сосисок с применением теории планирования эксперимента (центральный композиционный план). В результате экспериментов установлена оптимальная рецептура по количеству основных компонентов. Показаны физико-химические, структурно-механические (усилие пенетрации с шарообразным индентором), экономические исследования готовой продукции.

Ключевые слова: колбасные изделия, атлантическая треска, печень трески, СВЧ-бланширование, изолят рыбного белка, северная путассу, технология изготовления колбасных изделий.

V.I. Volchenko, A.Yu. Glukharev

OPTIMIZATION OF THE RECIPE COMPOSITION OF A NEW KIND OF BAKED SAUSAGE PRODUCT WITH ADDITION OF FISH RAW MATERIALS

This article presents research on improving the protein and lipid constituents of meat cooked sausages. It is scientifically proved to replace part of the meat raw material with fish. A technology for the production of a new type of sausage with the addition of microwave blanched cod liver and fish protein isolate from blue whiting has been developed. Optimization of meat-fish sausages was carried out using the theory of experimental planning (central composition plan). As a result of the experiments, the optimal formulation for the number of main components was established. The physico-chemical, structural-mechanical (penetration force with a spherical indenter), economic studies of finished products are shown.

Key words: sausages, Atlantic cod, cod liver, microwave blanching, fish protein isolate, northern blue whiting, sausage making technology.

Введение

В настоящее время мясоперерабатывающая отрасль выпускает широкий ассортимент вареных колбасных изделий, к недостаткам которых относятся: высокая себестоимость мясного сырья, большое содержание насыщенных жиров, некоторое присутствие токсичных продуктов пиролиза древесины, а также применение потенциально опасного нитрита натрия в качестве цветообразователя и генно-модифицированной (ГМ) сои взамен части мясного сырья.

Высокая себестоимость мясного сырья связана в основном с введением запрета на поставки отдельных видов продовольствия и сельскохозяйственной продукции из стран, присоединившихся к санкциям против России в 2014 г., а также из-за резкого скачка курса валют и ухудшения общей экономической ситуации. Продовольственное эмбарго предполагает

запрет на ввоз мяса крупного рогатого скота и свинины [1]. Это, в свою очередь, увеличивает затраты на производство колбасных изделий отечественными предприятиями, использовавшими импортное сырье при производстве продукции.

Данная проблема создала предпосылки для введения большого количества ГМ-сои в колбасные изделия взамен части мясного сырья. Следует отметить, что такая соя обладает чрезвычайной устойчивостью к гербициду глифосату, что создаёт предпосылки для его избыточного применения [2]. Последние проведенные исследования показали возможную канцерогенную активность этого гербицида [3].

Несбалансированность жировой фракции колбасных изделий вследствие содержания в них большого количества насыщенных жиров и холестерина при избыточном попадании в организм увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний и способствует развитию атеросклероза.

При технологической обработке мясных продуктов наиболее опасными с точки зрения образования нитрозаминов (НА) являются стадии посола и копчения. При посоле используются нитраты и нитриты путем образования достаточно стабильных пигментов, способствующих сохранению естественной окраски. Исследования показали, что при хранении в таких смесях образуются НА. При посоле происходит необратимый распад некоторой части белков с образованием низкомолекулярных аминокислот и аминов, которые в результате связывания с молекулой нитрата образуют НА. Процесс образования НА ускоряется при копчении. Коптильный газ содержит нитрогазы, а также формальдегид, катализирующий реакцию нитрозирования [4].

В связи с этим в октябре 2015 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) на основании проведенных исследований рабочей группы Международного агентства по изучению рака (МАИР) присвоила обработанному мясу статус канцерогена группы 1 и отметила, что потребление продуктов из обработанного мяса (сосиски, ветчины, колбасы, солонина, вяленое мясо, мясные консервы и полуфабрикаты) связано с увеличением случаев раковых заболеваний [5].

Сложившаяся ситуация требует решения, поэтому снижение себестоимости, совершенствование мясных продуктов массового потребления, обогащение их ценными компонентами, обеспечение их канцерогенной безопасности представляет собой одну из основных задач, поставленных перед отечественной мясоперерабатывающей отраслью в Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. [6].

Также стоит отметить, что одним из приоритетных направлений современной промышленности является производство мясных и рыбных полуфабрикатов с использованием пищевых добавок и ингредиентов природного происхождения, влияющих не только на технологические свойства сырья, но и способствующие профилактике возможных функциональных нарушений в организме человека и связанных с ними заболеваний [7].

В 2016 г. специалистами кафедры ТПП был разработан новый ассортимент вареных колбасных изделий с добавлением рыбного сырья – мясорыбные сосиски с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу и мясорыбные сосиски с добавлением фарша путассу и полуфабриката рыбьего жира, выделенного при СВЧ-бланшировании печени трески. В рецептуре отсутствует нитрит натрия, вызывающий опасения ВОЗ, и фосфаты, вызывающие опасения у потребителя. В результате экспериментов были достигнуты положительные результаты [8]. На первом этапе исследований было достигнуто несколько результатов:

1. Проанализирована возможность совмещения мясного сырья с рыбным в технологии вареных колбасных изделий.

2. С использованием центрального композиционного плана [9] было выявлено влияние на уровень качества и структурно-механические характеристики (число пенетрации) готово-

го изделия таких факторов, как массовая доля рыбьего жира и соотношение фарша путассу и свинины в рецептуре.

3. Найдена и исследована приближенная к оптимальной рецептура сосисок с добавлением полуфабриката жира печени трески и фарша путассу.

4. Определен срок годности мясорыбных сосисок с добавлением жира печени трески и мяса путассу – 5 сут при температуре +4...+5 °С.

Далее авторы решили продолжить исследования по нахождению оптимальной рецептуры сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что позволяет повысить безопасность мясных вареных колбасных изделий и совмещает в себе результаты многолетних научных трудов исследователей кафедры ТПП.

Так, в 2011 г. заведующим кафедрой ТПП В.А. Гроховским и аспирантом А.И. Клименко была разработана технология получения изолята рыбного белка методом рН-сдвига из мяса малоценных недоиспользуемых рыб Баренцева моря – полярной тресочки (*Boreogadus saida*) и северной путассу (*Micromesistius poutassou*); были проведены исследования по разработке бесхолестеринового майонеза на основе полученного ИРБ [10]. Полученные положительные результаты дали начало дальнейшего использования ИРБ в технологии пищевой продукции, например, в технологии шоколадной пасты [11]. В 2015 г. начальные исследования по составлению рецептуры мясорыбных сосисок предполагали внесение в качестве рыбной белковой составляющей ИРБ из мяса путассу взамен части мясного сырья.

Использование ИРБ позволит обогатить мясной продукт незаменимыми аминокислотами и позволит увеличить количество белка в готовом изделии, значительно снижая мясную часть и добавляя взамен нее полноценные белки рыб в виде ИРБ, не снижая качество продукции.

С 2002 по 2013 гг. учёными кафедры ТПП (В.И. Волченко, К.С. Темиржановой, В.А. Гроховским и др.) проводились исследования по использованию СВЧ-обработки в производстве консервов из печени гидробионтов. Достигнутые результаты позволили: во-первых, увеличить срок хранения мороженой печени трески (с 30 сут до 4 мес.); во-вторых, уменьшили количество свободного жира в консервах при стерилизации (не превышает 10 %) [12]. Увеличение сроков хранения мороженой печени трески и сохранения высокого качества ее липидной фракции раскрывает большой потенциал использования данного сырья на береговых предприятиях в технологии многих пищевых продуктов, в частности, колбасных изделий, для увеличения в жировой составляющей массовой доли полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК).

Использование жиросодержащего сырья, полученного из рыб, позволит существенно приблизить получаемые продукты к категории продуктов здорового питания, а в ряде случаев – отнести их к группе функциональных продуктов. Содержащиеся в липидах печени трески моно- и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), в особенности группы ω -3, сводят риск сердечно-сосудистых заболеваний к минимуму [13]. В отличие от липидов наземных животных они имеют более низкую температуру плавления и, как следствие, легче всасываются и усваиваются значительно полнее, чем липиды наземных животных и даже растительные масла.

В 2013 г. работы по добавлению рыбьего жира в колбасные изделия велись западными учёными института Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging IVV баварского города Фрайзинг. Также ими была запатентована система эмульсионного комбинирования различных антиоксидантов, которые обеспечивают защиту жиров от окисления [14]. Отечественный рынок мясных вареных колбасных изделий не характеризуется наличием мясной продукции с добавлением рыбного сырья. Поэтому целесообразно расширять ассортимент вареных колбасных изделий, в том числе сосисок, за счёт новых видов продукции, изготавливаемых по новым технологиям и рецептурам, включающим нетрадиционные компоненты.

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы является разработка и оптимизация рецептуры нового вида вареных колбасных изделий, а именно, мясорыбных колбасных изделий с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и изолята рыбного белка (ИРБ).

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются:

- мясной фарш, заготовленный из нежирной свинины;
- мороженая СВЧ-бланшированная печень атлантической трески (*Gadus morhua morhua*);
- изолят рыбного белка из мяса северной путассу (*Micromesistius poutassou*) с массовой долей влаги не более 10 %;
- модельные образцы мясорыбных сосисок.

Методы исследования

Физико-химические и химические

Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 9792-73¹.

Массовую долю влаги определяли высушиванием навески продукта в сушильном шкафу при 100–105 °С, массовую долю поваренной соли – по ГОСТ 9957². Содержание белковых веществ определяли с помощью автоматического анализатора азота/белка Pro-Nitro А по методу Кьельдаля, жира – на аппарате Det-gras N по методу Сокслета, минеральных веществ – в соответствии с ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998)³.

Органолептические

Органолептические показатели сосисок определяли по ГОСТ 9959-91⁴.

Уровень качества сосисок определяли по пятибалльной шкале, специально разработанной для этого вида продукта с учетом коэффициентов значимости.

Структурно-механические

Для оценки структурно-механических свойств – числа пенетрации, использовался японский прибор «Food Checker» P-1180 PAT, TYPE 2141, Class 1.5, F. S. 100 mA. (Yokogawa, Япония), принцип работы которого основан на методе автоматического внедрения шарообразного индентора в образец исследуемого продукта на заданную глубину с фиксацией приложенной нагрузки [15].

Математические

Статистическая обработка результатов экспериментов методом нелинейной регрессии и построение математических зависимостей осуществляли с использованием компьютерных программ Datafit 9.1 и Microsoft Office Excel-2007.

Дифференцирование, поиск и анализ экстремумов полученных функций осуществляли в свободной системе компьютерной алгебры – Maxima.

Экономические

Сформирован информационный блок данных с оптовыми ценами на основное и вспомогательное сырье, по полученным данным производился расчет себестоимости сырьевого набора для различных образцов мясорыбных сосисок.

Экспериментальная часть работы выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры технологии пищевых производств (ТПП) Мурманского государственного технического университета (МГТУ).

¹ ГОСТ 9792-73. Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями N 1, 2). М., 2009. 5 с.

² ГОСТ 9957-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. М., 2016. 9 с.

³ ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998). Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей зольности. М., 2013. 8 с.

⁴ ГОСТ 9959-91. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки. М., 2010. 10 с.

Результаты и их обсуждение

Технологический процесс производства нового вида вареных колбасных изделий – мясорыбных сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу – включает следующие основные стадии: входной контроль, хранение, подготовка основных и вспомогательных компонентов рецептуры; получение фарша – измельчение мясного сырья на волчке; взвешивание основного и вспомогательного сырья в соответствии с рецептурой; измельчение подготовленных компонентов на куттере двухступенчатым способом (измельчение нежирного мясного и рыбного (ИРБ) сырья, а затем жирного рыбного сырья) – получение мясорыбной эмульсии; наполнение оболочек, формование; осадка батонов; термическая обработка; охлаждение; контроль качества; упаковывание, маркирование, транспортирование, хранение.

Предварительными экспериментами был установлен базовый рецептурный состав мясорыбных сосисок с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ из мяса путассу. Первично было определено, что для стабилизации консистенции следует использовать картофельный крахмал и яйца куриные. На дальнейших этапах исследования вследствие образования систематических жировых отеков в сосисках после варки обоснована целесообразность использования в качестве загустителя, эмульгатора и стабилизатора гуаровой камеди, которая является пищевым гидроколлоидом полисахаридной природы, улучшающим деятельность желудочно-кишечного тракта, связывающим и выводящим из организма токсичные вещества, снижающим уровень глюкозы и холестерина в крови [16]. В качестве пищевого красителя использовали томатную пасту, которая давала положительное цветообразование, без добавления нитрита натрия, но на дегустациях был отмечен кислый привкус, который как раз связывали с добавлением томатной пасты, в дальнейшем от нее было решено отказаться. В настоящих исследованиях в качестве красителя используем ферментированный рис. Базовая рецептура мясорыбных сосисок представлена в табл. 1.

Таблица 1

Базовая рецептура мясорыбных сосисок с использованием СВЧ-бланшированной печени трески и ИРБ

Table 1

Basic formulation of meat and fish frankfurters with microwave treated cod liver and FPI

Основное сырье, кг	
Свинина жилованная нежирная	57,90
Печень трески СВЧ-бланшированная	38,60
ИРБ из мяса путассу (Высушенный)	1,5
Яйца куриные	2
Картофельный крахмал	3
Пряности и материалы, кг	
Соль поваренная пищевая	2,5
Сахар-песок	0,1
Белый перец молотый	0,25
Черный перец молотый	0,25
Ферментированный рис	0,3
Гуаровая камедь (E412)	0,3
Водолеяная смесь	15

Оптимизацию базовой рецептуры проводили по выбранным критериям с использованием компьютерной программы Datafit 9.1.

В качестве параметров оптимизации были выбраны:

- уровень качества готового изделия, %;
- число пенетрации, кПа;
- себестоимость сырьевого набора, руб/кг.

Авторами было установлено, что факторами, наиболее влияющими на качество получаемого продукта, являются:

- соотношение фарша нежирной свинины и СВЧ-бланшированной печени трески X_1 ;
- количество изолята рыбного белка X_2 , кг.

Уровни варьирования факторов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уровни варьирования факторов

Table 2

Factors variation levels

Обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
X_1	1	1,5	2	0,5	Свинина н/ж : СВЧ-бланшированная печень трески, кг
X_2	1	1,5	2	1	ИРБ из мяса путассу, кг

Функцией отклика являлась обобщенная численная характеристика качества мясорыбных сосисок Y_0 , включающая в себя значения уровня качества Y_1 , значения относительной реологической характеристики Y_{R2} и значение себестоимости сырьевого набора Y_{C3} . Функция отклика рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_0 = Y_1 \cdot K_1 + Y_{R2} \cdot K_2 + Y_{C3} \cdot K_3, \quad (1)$$

где Y_1 – уровень качества, %; Y_{R2} – значение относительной реологической характеристики, %; Y_{C3} – значение себестоимости сырьевого набора, %; K_1, K_2, K_3 – коэффициенты значимости.

Коэффициенты значимости найдены методом экспертных оценок. Наиболее весомым параметром решено считать уровень качества $K_1 = 0,45$; показатели «относительная реологическая характеристика» и «себестоимость сырьевого набора» менее значимы ($K_2 = 0,37$; $K_3 = 0,18$).

Относительная реологическая характеристика Y_{R2} , %, рассчитывалась с помощью выражения

$$Y_{R2} = 100 - \frac{|y_2 - y_{opt}| \cdot 100}{y_{opt}}, \quad (2)$$

где y_2 – число пенетрации готового продукта, кПа; y_{opt} – оптимальное значение числа пенетрации, кПа.

Себестоимость сырьевого набора Y_{C3} , %, рассчитывается по формуле

$$Y_{C3} = \frac{300}{y_3} \cdot 100, \quad (3)$$

где y_3 – себестоимость 1 кг готового продукта, руб; 300 – минимально возможная цена за 1 кг для данной группы продуктов, руб.

Объективным показателем консистенции паштетообразных, пастообразных пищевых продуктов является число пенетрации с использованием шарообразного индентора, при измерении которого увеличивается точность измерения в отличие от органолептической оценки. Однако число пенетрации может быть как слишком большим, так и слишком маленьким, поэтому было решено определить оптимальное значение методом парной нелинейной регрессии между числом пенетрации и органолептической оценкой по консистенции. Полученные значения указаны в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица средних значений числа пенетрации и средних баллов по консистенции

Table 3

Summary of average penetration values and average marks of texture

Номер образца	Среднее значение числа пенетрации, кПа	Средний балл по консистенции
1	41,96	2,88
2	44,89	3,17
3	52,69	3,96
4	58,55	3,96
5	48,79	3,00
6	39,03	3,38
7	52,69	5,00
8	55,62	4,42
9	54,65	4,46

Обработка полученных данных позволила получить следующее уравнение регрессии, которое адекватно описывает влияние консистенции на число пенетрации:

$$Y_0 = a \cdot X^3 + b \cdot X^2 + c \cdot X + d, \quad (4)$$

где коэффициенты регрессии $a = -0,001884$; $b = 0,2774$; $c = -13,4114$; $d = 216,2736$.

Критерий Фишера для данной модели составил 5,47 (табличное значение при $\alpha = 0,05$ равно 4,82), вероятность неадекватности модели – 0,04905. Все коэффициенты регрессии значимы с доверительной вероятностью 0,9, более высокий уровень значимости для органолептических испытаний не требуется.

Таким образом, уравнение адекватно описывает существующую зависимость между числом пенетрации и консистенцией.

На основании полученных данных построен график регрессионного анализа (рис. 1). Анализ уравнения регрессии и графика зависимости позволил определить оптимальное значение показателя пенетрации – 56,62 кПа.

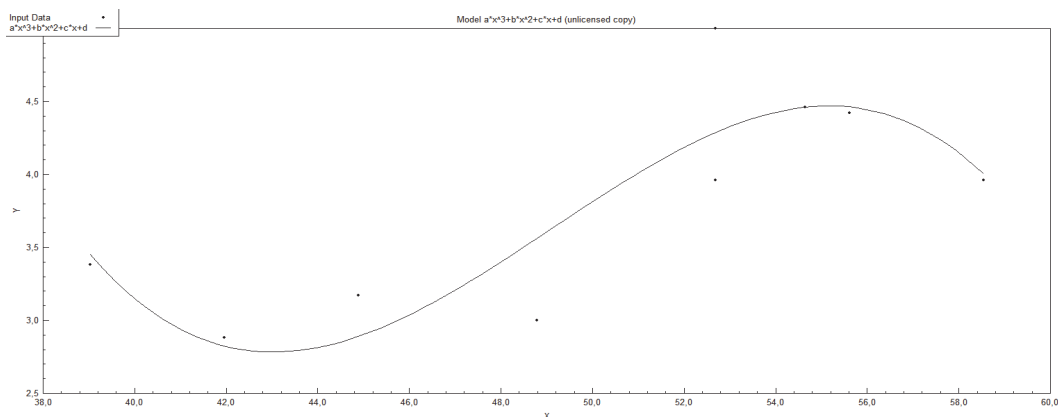


Рис. 1. График уравнения регрессии
Fig. 1. Graph of the regression equation

Анализ однофакторного поверхностного отклика позволяет выделить две группы условно приемлемых продуктов: колбасы с характерной плотной консистенцией (правая часть графика) и изделия с мягкой паштетообразной консистенцией (левая часть графика).

С использованием теории планирования эксперимента был разработан центральный композиционный план по оптимизации рецептуры мясорыбных вареных колбасных изделий, который представлен в табл. 4.

Таблица 4

Матрица двухфакторного плана оптимизации соотношения основных ингредиентов

Table 4

Two-factorial plan of the main ingredients ratio optimization

Фарш свинина н/ж : печень трески (X_1)	ИРБ (X_2)
Полный факторный эксперимент	
1	1
1	2
2	1
2	2
Центр плана	
1,5	1,5
«Звёздные» точки	
0,8	1,5
2,2	1,5
1,5	0,8
1,5	2,2

Таким образом, в соответствии с разработанным планом эксперимента были приготовлены модельные образцы сосисок, которые хранились до исследований при температуре от +4 до +6 °С в течение суток.

Модельные образцы мясорыбных сосисок выставлялись на дегустацию, на которой происходила органолептическая оценка готовых изделий экспертной комиссией, оценивали внешний вид батончиков, прощупывали консистенцию, смотрели цвет и вид на разрезе, оценивали запах и вкус, сравнивали с эталоном форму и размер, затем по полученным данным рассчитывался уровень качества Y_1 . В это же время проводили измерение второго параметра оптимизации – числа пенетрации y_2 . Расчет себестоимости сырьевого набора u_3 производили

после проведенных испытаний, используя данные по оптовым ценам, которые приведены в табл. 5.

Таблица 5

Оптовые цены сырьевого набора мясорыбных сосисок с добавлением печени трески и ИРБ из мяса путассу

Table 5

Wholesale prices of raw materials for producing meat and fish sausages with the cod liver and FPI from blue whiting

Ингредиент	Цена, руб/кг
Свинина бескостная	372,77
Печень трески охлажденная	230,00
ИРБ из мяса путассу (Высушенный)	982,94
Яйца куриные	91,78
Картофельный крахмал, высший сорт	59,00
Соль поваренная пищевая	15,49
Сахар-песок	47,29
Белый перец молотый, высший сорт	590,30
Черный перец молотый, высший сорт	350,00
Ферментированный рис	200,00
Гуаровая камедь (E412)	150,00
Вода питьевая	0,022 (руб/л)

Результаты обработки данных для двухфакторного эксперимента представлены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты обработки данных эксперимента

Table 6

Results of experimental data processing

№	X_1	X_2	$Y_1, \%$	$y_2, \text{кПа}$	$y_3, \text{руб/кг}$	$Y_{R2}, \%$	$Y_{C3}, \%$	$Y_0, \%$
1	1	1	59,9	41,96	309,62	74,11	96,89	71,90
2	1	2	62,81	44,89	316,43	79,28	94,81	74,75
3	2	1	76,88	52,69	332,70	93,07	90,17	85,32
4	2	2	74,9	58,55	339,28	96,59	88,42	85,44
5	1,5	1,5	61,88	48,79	326,80	86,17	91,80	76,36
6	0,8	1,5	68,54	39,03	305,37	68,94	98,24	74,07
7	2,2	1,5	94,17	52,69	338,86	93,07	88,53	92,74
8	1,5	0,8	86,04	55,62	322,13	98,24	93,13	91,87
9	1,5	2,2	83,02	54,65	331,47	96,52	90,51	89,41

При компьютерной обработке эксперимента было получено следующее уравнение регрессии для определения оптимумов и соответствующие ей коэффициенты:

$$Y = 542,2 - 1402,9 \cdot X_1 - 1512,9 \cdot X_1^2 - 697,2 \cdot X_1^3 + 117,1 \cdot X_1^4 - 35,03 \cdot \ln(X_2) + 54,4 \cdot \ln(X_2)^2$$

Критерий Фишера для данной модели равен 49,7, вероятность неадекватности – 0,0198. Все коэффициенты уравнения регрессии значимы с вероятностью не менее 0,95. На основании полученных данных построена поверхность отклика (рис. 2), которая может позволить проанализировать влияние различных факторов на обобщенный показатель качества продукта.

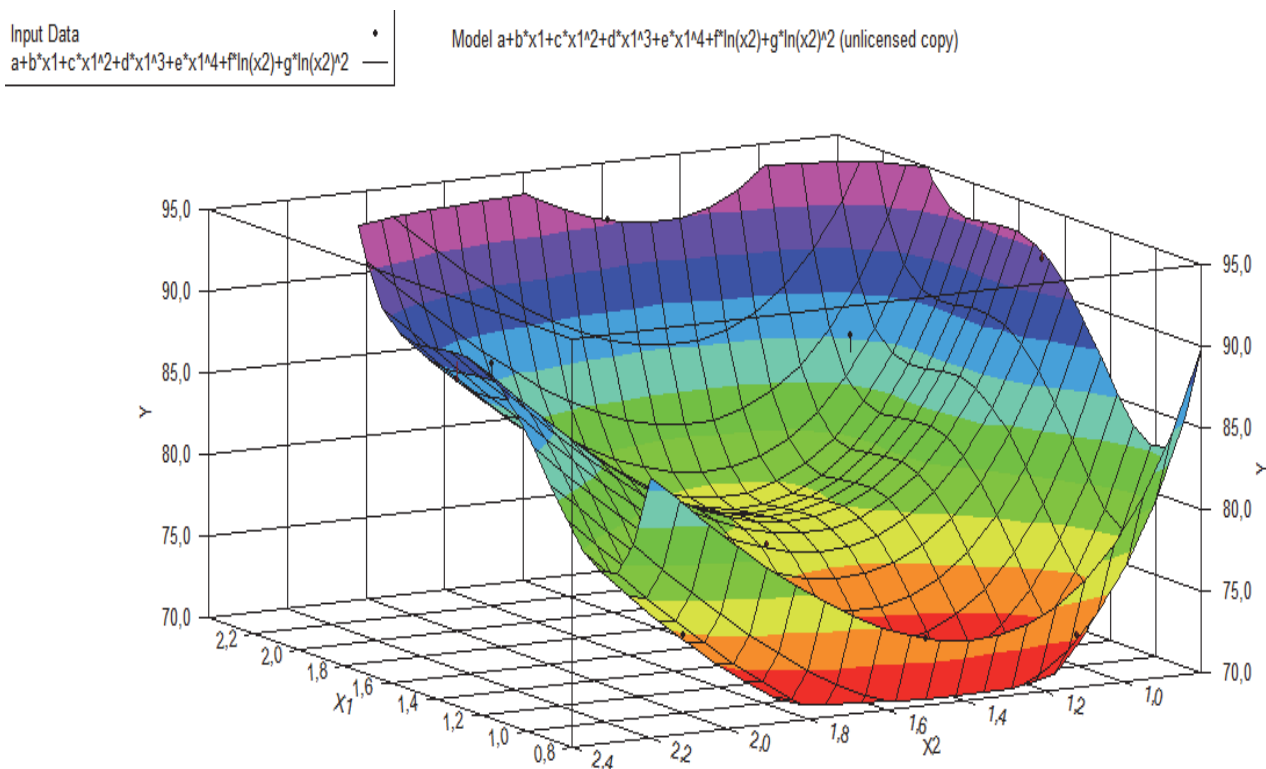


Рис. 2. Поверхность отклика
Fig. 2. Response surface

Было определено, что явного и безусловного максимума нет, но очевидно, что получается хороший продукт, если увеличить X_1 до максимума практически вне зависимости от количества ИРБ X_2 .

Второй этап исследований проводился в области максимума X_1 .

Уровни варьирования факторов для новых экспериментов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Уровни варьирования факторов

Table 7

Factors variation levels

Обозначение	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
X_1	2	2,5	3	0,5	Свинина н/ж : СВЧ-бланшированная печень трески, кг
X_2	2	3	4	1	ИРБ из мяса путассу (высушенный до ост. влажн. 10 %), кг

Результаты обработки данных для нового двухфакторного эксперимента представлены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты обработки данных эксперимента

Table 8

Results of experimental data processing

№	X_1	X_2	$Y_1, \%$	$y_2, \text{кПа}$	$y_3, \text{руб/кг}$	$Y_{R2}, \%$	$Y_{C3}, \%$	$Y_0, \%$
1	2,00	2,00	79,38	29,27	339,28	51,70	88,42	70,70
2	2,00	4,00	80,52	57,09	352,48	99,18	85,11	88,31
3	3,00	2,00	82,50	48,79	350,70	86,17	85,54	84,42
4	3,00	4,00	87,50	49,77	363,61	87,90	82,50	86,74
5	2,51	3,00	85,00	33,67	352,37	59,46	85,14	75,50
6	1,80	3,00	85,63	29,76	342,66	52,57	87,55	73,65
7	3,20	3,00	90,73	32,69	358,80	57,74	83,61	77,14
8	2,51	1,60	88,54	32,20	343,63	56,88	87,30	76,51
9	2,51	4,40	84,58	39,03	361,49	68,94	82,99	78,46
10	3,20	4,40	83,65	77,09	367,81	63,84	81,56	75,89
11	2,75	3,00	79,90	53,67	354,90	94,79	84,53	86,29
12	2,25	1,60	83,23	45,86	345,82	81,00	86,75	83,04

При компьютерной обработке эксперимента было получено следующее уравнение регрессии для определения оптимумов:

$$Y = a + b \cdot X_1 + \frac{c}{X_2} + d \cdot X_1^2 + \frac{e}{X_2^2} + f \cdot \frac{X_1}{X_2} + g \cdot X_1^3 + \frac{h}{X_2^3} + i \cdot \frac{X_1}{X_2^2} + j \cdot \frac{X_1^2}{X_2}$$

Значения полученных коэффициентов регрессии представлены в табл. 9.

Таблица 9

Значение коэффициентов уравнения регрессии

Table 9

Regression coefficients values

Коэффициент регрессии	Значение коэффициента регрессии
a	4103,45027
b	-3546,714371
c	-9811,643677
d	1128,63397
e	11211,23801
f	4425,092482
g	-125,6679547
h	-4708,077769
i	-2183,664884
j	-544,9816453

Критерий Фишера для полученной математической модели равен 9,77, вероятность неадекватности модели – 0,096. Все коэффициенты уравнения регрессии значимы с вероятностью не менее 0,95. На основании полученных данных построена поверхность отклика (рис. 3), которая может позволить проанализировать влияние различных факторов на обобщенный показатель качества продукта. Полученная математическая модель сложна и включает в себя такой объективный показатель, как уровень качества, который был определен экспертами как наиболее весомый при оценке качества готового изделия, поэтому доверительная вероятность модели больше чем 0,9 не требуется.

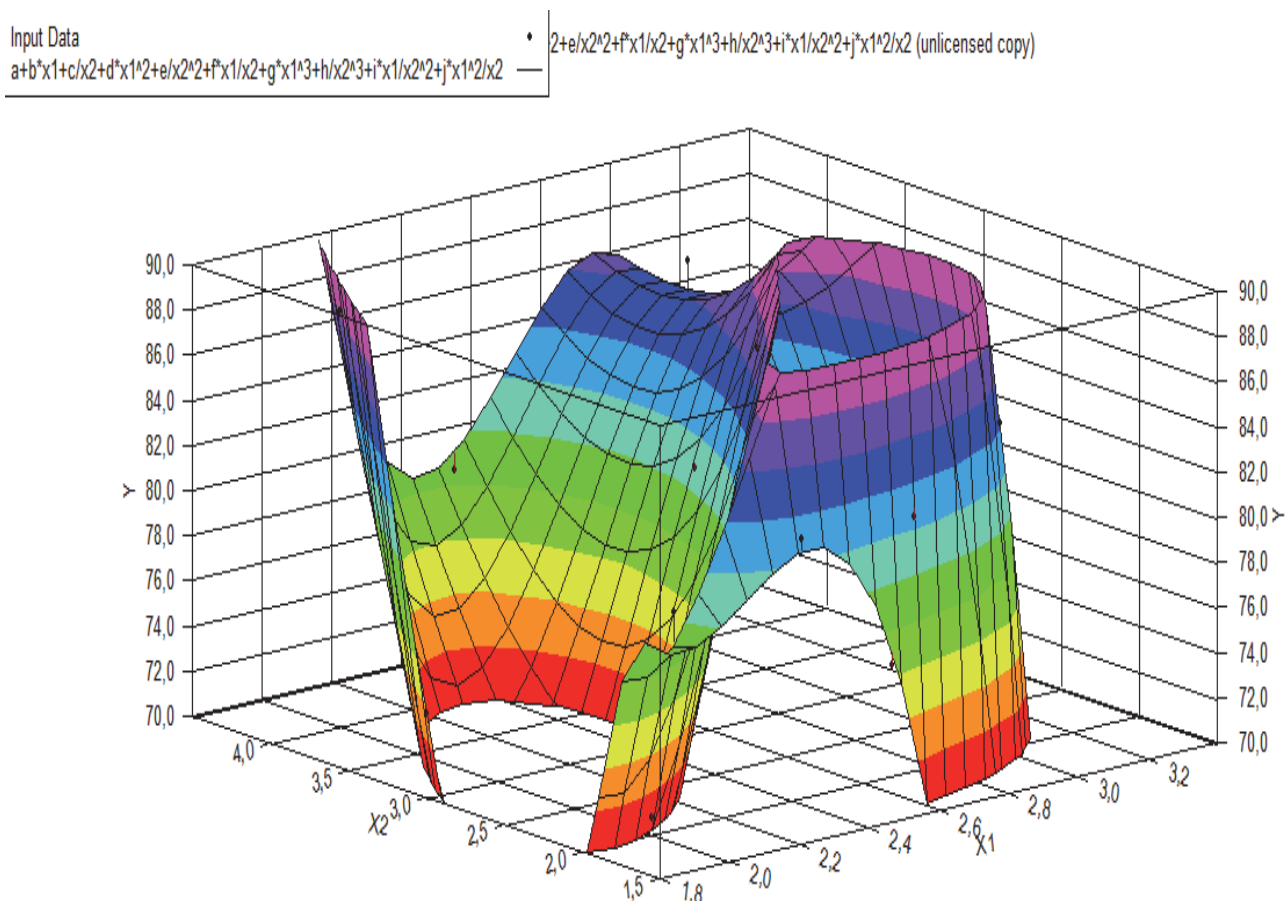


Рис. 3. Поверхность отклика
Fig. 3. Response surface

Исходя из полученной поверхности отклика методом дифференцирования был найден локальный оптимум функции.

Значения оптимальных факторов находятся при X_1 (соотношение фарша свинины и СВЧ-бланшированной трески) = 2,73; X_2 (количество ИРБ) = 2,09.

Также можно предположить наличие оптимума при низких значениях X_1 и более высоких значениях X_2 . Но стоит отметить, что дальнейшее увеличение дозы ИРБ нецелесообразно, так как это относительно дорогой продукт, который должен использоваться как добавка. Дальнейшее уменьшение X_1 в принципе представляется возможным, но это практически устранил разницу между мясорыбными и рыбными сосисками, т.е. приведёт к другой ассортиментной группе.

Исходя из полученных данных оптимальная рецептура по органолептическим, реологическим и экономическим показателям представлена в табл. 10.

Таблица 10

Результаты физико-химических, реологических и экономических испытаний оптимального образца мясорыбных сосисок

Table 10

Results of sensory, physical, chemical, rheological and economic researches of experimental specimen of meat and fish frankfurters

Показатель	Результаты
Массовая доля, %:	
влаги	61,36
белка	16,14
жира	15,85
хлористого натрия	2,52
крахмала	2,47
зола	2,82
Число пенетрации, кПа	56,8
Себестоимость сырьевого набора, руб/кг	348,80

Стоит отметить, что сосиски содержат значительную белковую и жировую составляющую, число пенетрации готового изделия близко к оптимальному значению. Соотношение белков и жиров в готовом продукте составляет 1 : 1, что согласно теории сбалансированного питания Покровского соответствует «усредненному» значению необходимого баланса основных нутриентов (белки : жиры) в рационе питания человека [17].

Выводы

Разработана и методом математического моделирования оптимизирована рецептура нового вида вареных колбасных изделий – мясорыбных колбасных изделий с добавлением СВЧ-бланшированной печени трески и изолята рыбного белка (ИРБ).

Определены органолептические, физико-химические, реологические и экономические показатели, характеризующие состав и качество готового изделия, изготовленного по оптимальной рецептуре.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 16-16-00076 «Разработка инновационных технологий получения продуктов питания из недоиспользованных водных биоресурсов Арктического региона».

Список литературы

1. Яковлева А. Популярим изыски. Обзор российского рынка колбасных изделий [Электронный ресурс] // Российский продовольственный рынок. 2016. № 1. URL: <http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=2232> (дата обращения: 01.06.2016).
2. Charles M. Benbrook Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally // Environmental Sciences Europe. 2016-02-02. Т. 28, вып. 1. 2190-4715.
3. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate / Kathryn Z Guyton [et al.] // The Lancet Oncology. 2015. Vol. 16, № 5. P. 490–491.

4. Биологическая безопасность. Современные методические подходы к оценке качества пищевой, фармакологической и сельскохозяйственной продукции / С.Е. Дромашко [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии; Белорус. общество генетиков и селекционеров. Минск: Беларуская навука, 2015. 222 с.
5. IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Press release № 240. International agency for research on cancer, WHO. 2015. 2 с.
6. Об утверждении Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г., № 559-р // АПК: экономика, управление. 2012. № 6. С. 81;
7. Габдукаева Л.З., Никитина Е.В. Поликомпонентные пищевые продукты с функциональными свойствами // Вестн. Казанского технолог. ун-та. 2013. С. 211–212.
8. Волченко В.И., Ирлица Е.Л., Глухарев А.Ю. Разработка нового вида вареных колбасных изделий с добавлением рыбного сырья // Вестн. Мурманского гос. техн. ун-та. 2017. Т. 20, № 3. С. 572–581.
9. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 280 с.
10. Получение изолята из полярной тресочки (сайки) и использование его для изготовления майонеза и мясорыбных сосисок / В.И. Волченко, В.А. Гроховский, Ю.Т. Глазунов [и др.] // Вестн. ВГУИТ. Рубрика: Пищевая биотехнология. 2015. № 2. С.139–154.
11. Гроховский В.А., Волкова А.П. Разработка технологии изолята рыбного белка из мяса сайки с изготовлением шоколадной пасты на его основе // Рыб. хоз-во. 2011. № 4. С.101–103.
12. Волченко В.И., Гроховский В.А., Василевский П.Б. Производство качественных консервов из мороженой печени рыб // Вестн. МГТУ. 2003. Т. 6, № 1. С.35–38.
13. Волченко В.И., Несвященко С.С., Темиржанова К.С. [и др.]. Использование печени трески и ее жира в технологии многокомпонентных пищевых продуктов // Вестн. Междунар. акад. холода. 2015. № 1. С. 20–25.
14. Колбаса с омега-3 – германские учёные нашли способ борьбы с окислением рыбьего жира [Электронный ресурс] // Foodcontrol агентство мониторинга безопасности продуктов питания: сайт –URL: <http://foodcontrol.ru/news/5138> (дата обращения: 25.11.2017).
15. Куранова Л.К. Использование прибора Food Checker для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов. Наука и образование–2011. [Электронный ресурс] : междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2011 г. Мурман. гос. техн. ун-т. Мурманск : МГТУ, 2011. С. 908–911.
16. Дроздов Р.А., Кожухова М.А., Бархатова Т.В., Маренич А.М. Оптимизация рецептуры пробиотического кисломолочного напитка с добавлением пищевых волокон топинамбура // Ползуновский вестн. 2016. Т. 2, № 4. С. 4–11.
17. Покровский А.А. О биологической и пищевой ценности продуктов питания // Вопр. питания. 1975. № 3. С. 25–29.

Сведения об авторах: Волченко Василий Игоревич, кандидат технических наук, доцент, e-mail: daesher@mail.ru;

Глухарев Андрей Юрьевич, студент, e-mail: mr.Razetka@yandex.ru.

УДК664.951

С.Н. Максимова, Т.Н. Слуцкая, Е.В. Федосеева, Е.М. Панчишина, А.Г. Ким
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, Луговая, 52б

ТЕХНОЛОГИЯ НОВОГО СУШЕНОГО ПРОДУКТА ИЗ ТРЕПАНГА

Разработана технология сушеного продукта из измельченной формованной массы трепанга (снеки), которая отличается от всех известных видов сушеной продукции из этого объекта потребительскими свойствами. Обоснованы технологические параметры разработанной технологии. Исследовано качество готового продукта в хранении трепанга.

Ключевые слова: дальневосточный трепанг, биологически ценное сырье, технология, рецептура, сушка, готовый продукт, снеки, хранение.

S.N. Maksimova, T. N. Slutskaya, E.V.Fedoseeva, A.G.Kim
THE TECHNOLOGY OF THE NEW PRODUCT FROM DRIED SEA CUCUMBER

The technology of dried product from the crushed molded mass of sea cucumber (snacks), which differs from all known species of dried products of this object's properties is developed. The technological parameters of the developed product are substantiated. The quality of the finished product in storage is investigated.

Key words: Far Eastern sea cucumber, biologically valuable raw materials, technology, receipt, drying, finished product, snacks, storage.

Введение

Важным ориентиром для рыбоперерабатывающих предприятий является увеличение выпуска и расширение ассортимента продуктов пролонгированного срока хранения. К такой продукции относится и сушеная, которая согласно классификациям, принятым в мировой практике [1, 2], относится к продуктам с промежуточной влажностью.

Относительно разработки и производства сушеной продукции из такого ценного объекта промысла на Дальнем Востоке, как трепанг, следует отметить, что существующие технологии не обеспечивают в полной мере сохранение биологически активных веществ, которыми ценится трепанг дальневосточный.

В известных способах сушки трепанга общим является применение предварительной гидротермической обработки в течение 40–60 мин при температуре около 100 °С. Потери биологически ценных соединений составляют 85 %, что снижает биологическую ценность полуфабриката. При этом коллагеновые волокна обрабатываемого сырья уплотняются, и консистенция сушеного продукта напоминает стекловидную массу [3, 4].

В связи с этим целью работы явилась разработка новых технологических приемов, позволяющих при производстве сушеной продукции из трепанга дальневосточного не только получить продукт длительного хранения готового к употреблению, но и обеспечить его привлекательные органолептические свойства (консистенцию, вкус, запах) и в максимальной степени сохранить природные свойства сырья (его медико-биологическую эффективность).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- обосновать выбор ассортимента;
- обосновать и разработать рецептуру и технологические параметры основных операций;
- разработать технологическую схему производства сушеной продукции из трепанга;
- исследовать органолептические, химические, микробиологические показатели сушеной продукции из трепанга в процессе хранения.

Объекты и методы исследований

Объектами проводимых исследований являлись:

- трепанг дальневосточный (*Stichopus japonicus*) искусственного разведения, выловленный в бухте Северной (п. Славянка), отвечающий требованиям существующей нормативной и технической документации: ТУ 9253-071-33620410-05 Трепанг-сырец; СТО-00471515-048-2016 Трепанг мороженный; ТР ЕАЭС 040/2016; ТР ТС 021/2011;
- снеки из трепанга сушеные.

Для технологических целей использовали вспомогательные материалы, которые соответствовали требованиям действующей нормативной документации.

Отбор проб готового продукта и подготовка проб к анализу проводили по стандартным методикам (ГОСТ 31339-06).

Органолептические показатели (внешний вид, цвет, запах, консистенцию, вкус) определяли по ГОСТ 7630-96.

Содержание воды, минеральных веществ исследовали стандартными методами (ГОСТ 7636-85).

Содержание хлор-иона определяли аргентометрическим методом.

Подготовку образцов для проведения микробиологических испытаний проводили согласно «Инструкции по санитарно-гигиеническому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных» (1991) и ГОСТ 26669-85.

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных и аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов».

Результаты и их обсуждение

В данной работе в качестве проектируемого продукта предлагаются снеки из трепанга. Снеки и чипсы относятся к нетрадиционным пищевым продуктам из водных биологических ресурсов, они удобны в употреблении, привлекательны органолептическими свойствами и не требуют дополнительного приготовления. Эта продукция может использоваться в определенных обстоятельствах как замена основного приема пищи, а так же, как дополнение к гарниру или закуска.

Известно, что такую продукцию готовят даже из переработанных хребтовых рыбных костей [5]. Следовательно, такое высококоллагенсодержащее сырье, как трепанг, также может служить основой для получения проектируемой сушеной продукции с заданными свойствами. К основным направлениям развития технологии снековой продукции можно отнести производство продукции повышенной пищевой ценности, с пониженным содержанием соли и внесением пищевых добавок для улучшения органолептических показателей и функциональных ингредиентов.

При производстве снеков сушке подвергается, как правило, измельченная мышечная ткань, формованная с компонентами рецептуры растительного или животного происхождения для того, чтобы обеспечить формирование заданных свойств готовой продукции [6].

Цель данной работы – разработать новую технологию сушеной продукции из трепанга – измельченный сушеный продукт типа снеков, обладающий высокими потребительскими свойствами и биологической ценностью.

В технологию включены операции измельчения мышечной ткани трепанга, смешивания с компонентами, обладающими как функционально-технологическими, так и функционально-физиологическими свойствами, формования и сушки (двухкратной).

В состав рецептуры снеков из трепанга сушеных вводили следующие компоненты: крахмал картофельный, семена льна, имбирь, сахар и аскорбиновую кислоту.

Добавление крахмала при производстве сушеной продукции как загустителя придает полуфабрикату стойкую вязкую коллоидную структуру. Крахмал регулирует работу желудочно-кишечного тракта, улучшает метаболизм [7].

Использование семян льна как функционального ингредиента защищает сосуды от воспалительных повреждений, способствует нормализации сердечного ритма. Семена льна обладают антиоксидантным действием и предотвращают на разных стадиях канцерогенез [8].

Имбирь используется в качестве пряности, оттеняет или усиливает вкус, нивелирует нежелательные оттенки вкуса. В силу того, что имбирь содержит множество полезных веществ (холин, незаменимые аминокислоты, линолевую и олеиновую кислоты, витамин С, минеральные вещества), использование его усиливает функциональные свойства сушеного продукта, способствует нормализации работы кишечника, усиливает циркуляцию крови в сосудах головы, восстанавливает тонус мышечной ткани [9].

Сахар вносили с целью гармонизации вкуса имбиря.

Добавление аскорбиновой кислоты предположительно способствует улучшению микробиологических показателей.

Данные компоненты вводили в следующем количестве (табл. 1):

Таблица 1

Состав экспериментальных образцов

Table 1

The composition of experimental samples

Компоненты	Норма закладки, %	
	Образец № 1	Образец № 2
Мышечная ткань трепанга измельченная	88,5	80,5
Крахмал картофельный	7	7
Аскорбиновая кислота	0,5	0,5
Семена льна пищевые измельченные	4	4
Сахар-песок	–	4
Имбирь молотый	–	4

Внесение указанных компонентов обосновывается тем, что при формировании органолептической оценки готового продукта особое внимание уделялось вкусу, запаху и такому показателю характеристики консистенции, как хрупкость.

Наиболее приемлемые для потребителя консистенция и вкусовые свойства снеков из водных биологических ресурсов достигаются за счет снижения массовой доли воды. Для микробиологической стабильности содержание воды желательно не выше 13 %. Обезвоживание полуфабриката в условиях эксперимента осуществляли до содержания воды не более 10 %.

Диапазон исследуемой температуры: 30, 40, 50 и 60 °С. Такие режимы выбраны на основании данных тепловой коагуляции коллагена мышечной ткани трепанга, которая начинается при 45 и заканчивается при 65 °С. Применение более высоких температур приводит к пригоранию поверхностного слоя трепанга [10].

Сушку осуществляли до установления постоянной массы объекта.

Исследования показали, что процесс сушки происходил быстрее по мере увеличения температуры от 30 до 60 °С, достигнув оптимальной скорости при 50 °С за 4,5 ч.

Потери массы полуфабриката, установленные по мере его обезвоживания и по достижении заданного содержания воды и готовности продукта, составили от 79 до 85 % при разных температурах.

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика органолептических свойств сушеной продукции из трепанга.

Таблица 2

Сравнительная характеристика органолептических свойств сушеной продукции из трепанга

Table 2

Comparative characteristics of the organoleptic properties of sea cucumber dried products

Наименование показателя	Характеристика и нормы	
	Снеки из трепанга сушеные	Снеки из трепанга сушеные с имбирем
Внешний вид	Поверхность снеков сухая, чистая, без признаков плесени	
Вкус и запах	Умеренно выраженный, свойственный данному виду продукта, солоноватый вкус, морской запах	Приятный, умеренно выраженный, свойственный данному виду продукта, пряный, сладковатый
Консистенция	Плотная, хрупкая	Ломкая, хрупкая
Цвет	От коричневого до темно-коричневого с болотным оттенком	От светло-коричневого до коричневого с болотным оттенком
Размер, мм	От 1,5 до 2,0 по ширине, от 5,0 до 7,0 по длине	
Массовая доля соли, %	Не более 5,0	
Массовая доля влаги, %	Не более 10	

Как видно из табл. 2, снеки из трепанга обладают высокими потребительскими свойствами. Следует обратить особое внимание на содержание в готовом продукте таких важных веществ, как аминокислоты и гликозиды, содержанием которых и ценится трепанг.

На новый продукт разработан и утвержден СТО 00471515-054-2017 «Снеки из трепанга сушеные».

Хранение сушеной продукции из трепанга, герметично упакованного, осуществляли при температуре окружающего воздуха 20–25 °С.

В процессе хранения образцов сушеной продукции из трепанга в течение 90 сут изменение органолептических свойств не наблюдалось. Оценка, проводимая на рабочих дегустациях, показала, что исследуемые образцы на протяжении всего периода хранения имели высокие органолептические свойства, соответствующие требованиям разработанного СТО. С учетом коэффициента резерва 1,2 для испытываемой группы продукции установленный срок хранения снеков из трепанга составляет 90 сут, срок годности – 108 сут, при соблюдении условий хранения.

Список литературы

1. Баранов Б.А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «Активность воды» в технологии продуктов питания: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2000. 247 с.
2. Ross K.D. Estimation of water activity in intermediate moisture foods // Food Teen. 1975. № 3. P. 26–343.

3. Слуцкая Т.Н. Исследования по химии и технологии трепанга и кукумарии: дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 1975. 118 с.

4. Савватеева Л.Ю., Маслова М.Г., Володарский В.Л. Дальневосточные голотурии и асцидии как ценное пищевое сырье. Владивосток : ДВГУ, 1983. 184 с.

5. Потапова В.А. Разработка технологии функциональных рыборастворительных снеков с использованием биопотенциала вторичного рыбного сырья и топинамбура (*helianthustuberosus*): дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Калининград, 2017. 207 с.

6. Классификация снеков [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new344.html> (дата обращения 02.03.2017).

7. Сафронова Т.М., Дацун В.М., Максимова С.Н. Сырье и материалы рыбной промышленности. СПб. : Изд-во «Лань», 2013. 336 с.

8. Береди́на Л.С., Воронова И.С. Исследование льняного семени как нового функционального ингредиента в молочной промышленности // Инновационная наука. 2015. № 7. С. 11–13.

9. Теречик Л.Ф. Изучение химического состава свежей и сушеной продукции из имбиря и куркумы, используемых в пищевкусовой промышленности, и их вкусовые качества // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журн. 2001. № 4. С. 148.

10. Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Карлина А.Е. Обоснование технологии сушеной продукции из промысловых кукумарий дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 155. С. 336–345.

Сведения об авторах: Максимова Светлана Николаевна, доктор технических наук, доцент, e-mail: maxsvet61@mail.ru;

Слуцкая Татьяна Ноевна, доктор технических наук, профессор, e-mail: t.slutskaya@mail.ru;

Федосеева Елена Владимировна, кандидат технических наук, e-mail: elena-692008@mail.ru;

Ким Андрей Георгиевич, аспирант, e-mail mail@andreykim.ru.

УДК 664.951

Ю.В. Карпенко, В.В. Кращенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЫБНЫХ СТУДНЕЙ

При производстве продуктов питания из мяса теплокровных животных и водных биологических ресурсов одной из основных технологических операций, от которой зависит качество готового изделия, является измельчение. Исследование процесса измельчения и поиск его оптимальных значений в производстве гомогенных рыбных студней является актуальной задачей. Исследованы динамическая вязкость как критерий выбора продолжительности измельчения, а также изменение температуры при выполнении данного процесса. Для осуществления органолептической оценки образцов разработана балльная шкала и определены главные и единичные дескрипторы продолжительности измельчения.

Ключевые слова: *измельчение, температура, гомогенный, куттерование, студень, бинарный структурообразователь, вязкость, балльная шкала, органолептические показатели.*

Yu.V. Karpenko, V.V. Krachshenko

THE DURATION OF RAW MATERIAL FINE COMMINUTION IN FISH GEL PRODUCTION

One of the main technological operations on which the quality of the finished product depends is fine comminution. Investigation of the comminution process and finding its optimum values in the production of homogeneous fish gel is a topical object. The dynamic viscosities have been investigated as a criterion for the optimal fine comminution time and the temperature change during the cutting process. The sensory scale for implement an organoleptic assessment of the samples is developed, the main and single descriptors of cutting duration are determined.

Key words: *fine comminution, temperature, homogeneous, cutting, gel, binary gelling agent, viscosity, sensory scale, organoleptic properties.*

Измельчение сырья является одной из важнейших операций при производстве пищевых продуктов гомогенной структуры, от которой зависят физико-химические и реологические показатели, определяющие качество готового продукта.

При измельчении мышечной ткани рыбы происходят механические и химические изменения, последние из которых обуславливают связывание воды с белком, благодаря чему улучшается структура и консистенция измельченной массы, повышается ее вязкость и липкость, улучшаются органолептические свойства готового продукта [1].

Согласно классической классификации [2] существует четыре типа степени измельчения: крупное – с диаметром кусочков 40–250 мм, среднее – 10–40 мм, мелкое – 1–10 мм, тонкое – 0,4–1 мм, а также коллоидный размол – 0,001 мм.

В процессе тонкого измельчения, или куттерования, происходят такие механические процессы изменения сырья, как дробление, резание, раздавливание и истирание, перемешивание компонентов смеси и их сложное взаимодействие. В результате такого взаимодействия продукт приобретает гомогенную структуру, отличную от исходного сырья.

Следствием тонкого измельчения является разрушение гистологической структуры тканей и клеток, экстракция миофибриллярных и саркоплазматических белков, их гидратация, образование новой белковой структуры [3].

В процессе куттерования скорость вращения режущего инструмента достигает 3800 об/мин, в результате чего может происходить значительное нагревание смеси. При достижении температуры денатурации миофибриллярных белков происходят нежелательные физико-химические изменения в измельчаемой смеси [4], характеризующиеся снижением водосвязывающей способности и структурно-механических свойств. Поэтому контроль температуры измельчаемой смеси является важным условием для получения качественного продукта.

Продолжительность тонкого измельчения сырья для производства различных пищевых продуктов из мяса теплокровных животных и ВБР можно определить следующими способами: органолептическим, посредством измерения реологических показателей, по справочным и рекомендуемым значениям для каждого вида оборудования и режущего инструмента, при помощи термометрии [5], измерением размера частиц [6].

Из всего вышесказанного следует, что определение продолжительности тонкого измельчения сырья для производства рыбных студней гомогенной структуры является актуальной задачей.

Цель работы состояла в определении продолжительности измельчения сырья для получения монолитного гомогенного продукта типа рыбного студня и контроле температуры при проведении процесса измельчения.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: определение динамической вязкости образцов и прироста температуры с увеличением продолжительности куттерования, разработка балльной шкалы и проведение органолептической оценки образцов при различной продолжительности измельчения сырья.

Объектами исследования являлись образцы, состав которых представлен в табл. 1. В качестве основного сырья использовали макрурус малоглазый по ГОСТ 17660-97. Вспомогательными компонентами служили: желатин пищевой марки П-11 (ГОСТ 11293-89), хитозан пищевой высокомолекулярный (ТУ 9289-067-00472124) в виде 2%-го раствора в 1%-й уксусной кислоте (ГОСТ 55982-2014) и соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000).

Таблица 1

Компонентный состав образцов

Table 1

Component composition of the samples

Компонент системы	Содержание, г/100 г		
	1	2	3
Макрурус малоглазый	98,5	96,0	94,5
Желатин	-	2,0	2,0
Раствор хитозана	-	2,0	2,0
Соль поваренная пищевая	1,5	-	1,5

Макрурус малоглазый размораживали до температуры минус 5 °С, обесшкуривали и филетировали. Далее производили среднее измельчение на кусочки размером до 20 мм и направляли на куттерование, в процессе которого вносили вспомогательные компоненты. По истечении заданного времени (60, 120, 180, 240, 300 с) отбирали образцы для дальнейших исследований.

Продолжительность измельчения определяли измерением динамической вязкости образцов. Данное исследование проводили на ротационном вискозиметре Брукфильда Fungilab серии ALPNA посредством пересчета крутящего момента, необходимого для вращения шпинделя прибора с постоянной скоростью при его погружении в исследуемую среду. Об-

разцы перед измерением отепляли до температуры 15 °С согласно инструкции по эксплуатации прибора.

Прирост температуры определяли как разницу между температурой на момент окончания предыдущего цикла измельчения и температурой на конец текущего определяемого цикла измельчения.

Органолептическую оценку модельных систем с различной продолжительностью куттерования проводили согласно разработанной балльной шкале.

Результаты измерения температурных показателей при куттеровании смеси и динамической вязкости исследуемых образцов различного состава в зависимости от времени куттерования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Температура и вязкость образцов

Table 2

Temperature and viscosity of the samples

Номер измерения	Время куттерования, с	Температура, °С	Прирост температуры, °С	Вязкость, мПа·с
Образец 1				
1	0	-4,5	-	-
2	60	-2,8	1,7	584,2
3	120	-2,4	0,4	1318,6
4	180	-2,2	0,2	1446,2
5	240	-1,9	0,3	1658,8
6	300	-1,5	0,4	1643,9
Образец 2				
1	0	-1,5	-	-
2	60	-1,0	0,5	834,3
3	120	-0,8	0,2	1021,6
4	180	-0,7	0,1	1056,4
5	240	2,9	2,2	1226,9
6	300	3,4	0,5	1220,1
Образец 3				
1	0	-3,0	-	-
2	60	-2,5	0,5	1760,7
3	120	-2,4	0,1	3038,1
4	180	-2,0	0,4	7312,1
5	240	-1,9	0,1	11815
6	300	-1,1	0,8	11313

Как показали исследования, вязкость образцов зависит от продолжительности куттерования, т.е. от продолжительности измельчения сырья. При куттеровании происходит интенсивное резание мышечной ткани, увеличение числа мельчайших частиц, их взаимодействие с водой с образованием более крупных агрегатов, в результате чего увеличиваются структурно-механические свойства смеси, в том числе и вязкость. Однако увеличение вязкости об-

разцов происходит до определенного предела. При увеличении времени куттерования до 300 с происходит снижение вязкости вследствие отсутствия роста числа мелких частиц, разрушения созданных агрегатов и перехода части адсорбционно-связанной воды в свободную.

Также очевидно изменение показателя вязкости в зависимости от компонентного состава образцов. Так, образец 1 обладает более высокой вязкостью по сравнению с образцом 2, в составе которого присутствует поваренная соль, способная повышать экстракцию солерастворимых белков, улучшая тем самым гидратацию воды и консистенцию готового продукта. Максимальной вязкостью среди представленных образцов обладает образец 3, в котором помимо поваренной соли присутствует хитозан в составе бинарного структурообразователя (БС), который по своей технологической функции является загустителем.

В ходе исследования фиксировали температуру образцов и определяли ее прирост (увеличение) в зависимости от продолжительности измельчения (см. табл. 2). Общий прирост температуры от начальной составил для образца 1 – 3 °С, для образца 2 – 4,9 °С, для образца 3 – 1,9 °С. Таким образом, по истечении 300 с прирост температуры не превысил допустимый предел в 10 °С [7] для получения качественного гомогенного продукта.

К одному из высокоинформативных методов определения качества продукта относится органолептический профиль, представляющий собой комплекс характеристик показателей вкуса, запаха, консистенции и внешнего вида продукта. Методология проведения оценки органолептического профиля оперирует рядом объектов и многочисленными процессами, одними из которых являются разработка характеристик продукта, включая словесное и количественное описание, и установление полного перечня дескрипторов [8].

Поэтому с целью определения продолжительности измельчения сырья для производства гомогенного рыбного студня была разработана балльная шкала, включающая групповые и единичные дескрипторы, их словесное описание и количественное определение (табл. 3).

Таблица 3

Балльная шкала для определения продолжительности измельчения

Table 3

Sensory scale for determining the fine comminution time

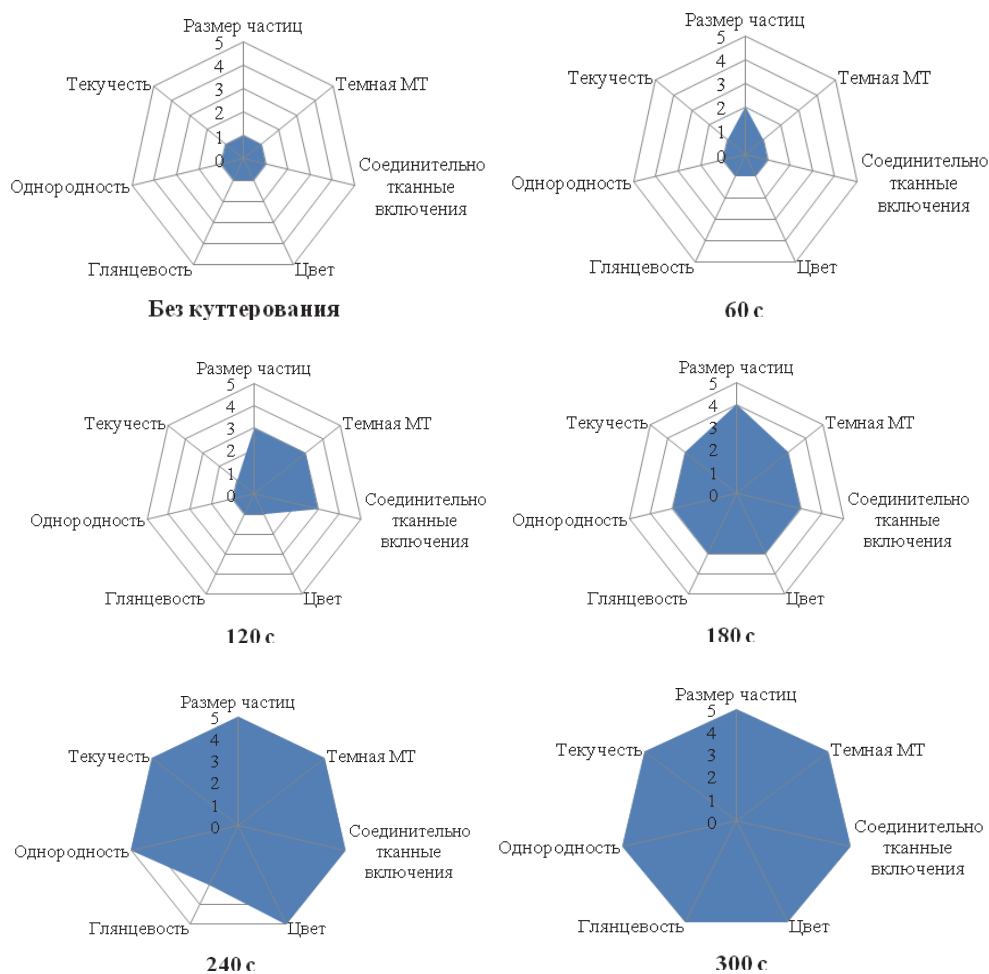
Групповой дескриптор	Единичный дескриптор	Словесная характеристика баллов	Баллы
1	2	3	4
Внешний вид	Размер кусочков	Кусочки мышечной ткани размером до 20 мм	1
		Кусочки мышечной ткани размером до 10 мм	2
		Кусочки мышечной ткани размером до 5 мм	3
		Кусочки мышечной ткани размером до 1 мм	4
		Кусочки мышечной ткани не различаются по размеру, сплошная гомогенная масса	5
	Видимые фрагменты темной мышечной ткани	Присутствуют	1
		Незначительно присутствуют	3
		Отсутствуют	5
	Соединительнотканые фрагменты	Присутствуют	1
		Незначительно присутствуют	3
		Отсутствуют	5
	Цвет	Сероватый	1
		Бело-розовый	3
		Молочно-белый	5

Окончание табл. 3

1	2	3	4
	Глянцевость	Не выражена	1
		Незначительно выражена	3
		Выражена	5
	Равномерность распределения БС*	Распределился неравномерно	1
		Незначительно распределился	3
		Полностью распределился	5
Консистенция	Однородность	Неоднородная	1
		Недостаточно однородная	3
		Однородная	5
	Текучесть	Подвижная	1
		Слабо подвижная	3
		Неподвижная	5

*Данный единичный дескриптор определялся только в образцах 2 и 3.

Результаты исследования органолептического профиля образцов на примере образца 1 с различной продолжительностью куттерования представлены на рис. 1.



* МТ – мышечная ткань.

Рис. 1. Органолептические профили единичных дескрипторов на примере образца 1
Fig. 1 Organoleptic profiles of single descriptors on the example of sample 1

Видно, что максимальные баллы присвоены образцу, продолжительность куттерования которого составила 300 с, однако исследования динамической вязкости показали снижение структурно-механических свойств у данного образца, что не позволяет выбрать его в качестве оптимального.

Органолептический анализ образцов 2 и 3 включал в себя единичный дескриптор «равномерность распределения БС» по всему объему системы. На основе проведенного исследования был построен график зависимости данного дескриптора от продолжительности куттерования (рис. 2).

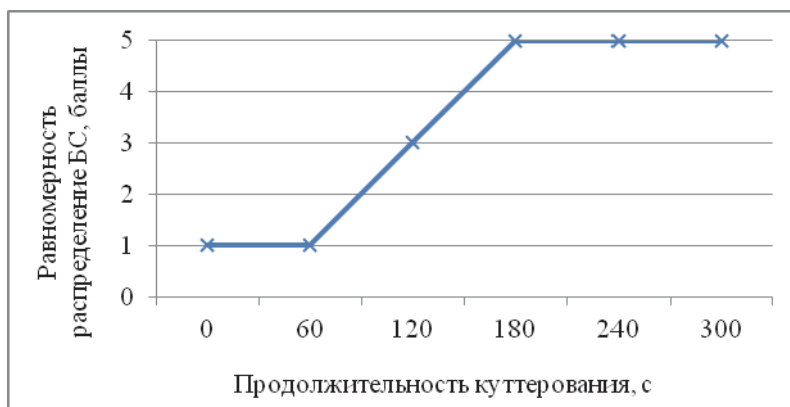


Рис. 2. Зависимость единичного дескриптора «равномерность распределения БС» от продолжительности куттерования

Fig. 2. Dependence of the single descriptor "binary gelling agent distribution uniformity" on the cutting duration

Из рисунка видно, что при продолжительности куттерования в течение 60 с структурообразователь распределяется неравномерно, а начиная со 180 с – распределяется полностью по всему объему исследуемого образца, и единичному дескриптору присваивается 5 баллов.

В результате работы определена продолжительность измельчения сырья для производства рыбного студня гомогенной структуры, которая достигается путем тонкого измельчения длительностью 240 с (или 5 мин). При такой продолжительности измельчения достигается максимальная вязкость образцов, при этом происходит равномерное распределение компонентов, а также максимальная однородность измельченного рыбного сырья, прирост температуры измельчаемой смеси при этом обеспечивает получение качественного продукта.

Разработана балльная шкала, в соответствии с которой проведена оценка модельных систем с различной продолжительностью куттерования сырья при производстве гомогенных рыбных студней.

Список литературы

1. Маслова Г.В., Маслов А.М. Реология рыбы и рыбных продуктов. М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1981. 216 с.
2. Ким Г.Н., Угрюмова С.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2010. 482 с.
3. Антипова Л.В., Толпыгина И.Н., Калачев А.А. Технология и оборудование производства колбас и полуфабрикатов. СПб. : ГИОРД, 2011. 600 с.
4. Чижикова Т.В., Мартынов Г.А. Перспективы повышения эксплуатационной надежности режущих инструментов в мясной промышленности: обзор. информ. АгроНИИТЭИ ММП. М., 1987. 54 с.

5. Желудков А.Л., Акуленко С.В. Методика определения продолжительности куттерования // Праці таврійського державного агротехнологічного університету УО «Могилевский государственный университет продовольствия». Мелитополь: Таврійський державний агротехнологічний університет. 2012. Т. 12, № 2. С. 182–184.
6. Гусева Л.Б., Богданов В.Д. Эмоциональная ценность кулинарных рыбных продуктов из измельченной мышечной ткани // Рыбн. хоз-во. 2013. № 3. С. 99–102.
7. Борисочкина Л.И., Гудович А.В. Производство рыбных кулинарных изделий: технология и оборудование. М. : Агропромиздат, 1989. 312 с.
8. Сафронова Т.М., Панчишина Е.М. Органолептический профиль пищевого продукта: Объективизация метода оценки // Изв. вузов. Пищ. технология. 2017. № 4 (358). С. 88–91.

Сведения об авторах: Карпенко Юлия Валериевна, аспирант, e-mail: bozhuk@mail.ru; Кращенко Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Пищевая биотехнология».

УДК 669.713.7

Т.Н. Пивненко, Ю.М. Позднякова, А.Н. Ковалев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО КОЛЛАГЕНА ИЗ МЕДУЗЫ РОПИЛЕМЫ *RHOPILEMA ASAMUSHI*

*Проведено сравнительное исследование способов получения водорастворимых препаратов коллагена медузы ропилемы *Rhopilema Asamushi* с использованием ультразвуковой обработки и ферментативного гидролиза. Показано, что только ферментативный гидролиз позволяет перевести в растворимую форму до 74 % от исходного состава препарата. Дана оценка молекулярно-массового распределения полученных компонентов с использованием методов гель-фильтрации и электрофореза в ПААГ. Даны рекомендации по использованию полученных препаратов.*

Ключевые слова: медуза ропилема, коллаген, гель-фильтрация, электрофорез, молекулярно-массовое распределение.

T.N. Pivnenko, Yu.M. Pozdnyakova, A.N. Kovalev

RESEARCH OF METHODS OF PREPARATION OF LOW-MOLECULAR COLLAGEN FROM JELLY-FISH ROPILEMA *RHOPILEMA ASAMUSHI*

*A comparative study of methods of preparation of water soluble compounds of collagen from jelly-fish ropilema *Rhopilema Asamushi* is undertaken with the use of ultrasonic treatment and enzymatic hydrolysis. It is shown, what only a enzymatic hydrolysis allows to transformate in a soluble form to 74 % from initial composition of preparation. The estimation of molecular-mass distribution of the got components is given with the use of methods of gel-filtration and electrophoresis in PAAG. Recommendations are given on the use of the got preparations.*

Key words: jelly-fish ropilema, collagen, gel-filtration, electrophoresis, molecular-mass distribution.

Введение

В настоящее время интенсивное развитие получило направление, связанное с исследованием, производством и применением природных биополимеров в медицине, биотехнологии, биоинженерии, сельском хозяйстве, пищевой и косметической промышленности. Одно из важнейших свойств таких биоматериалов – биоадекватность – средство по структуре тканям и органам, способность легко метаболизироваться и утилизироваться организмом [1].

Наиболее значимым из подобных биоадекватных полимеров считается коллаген, наиболее распространенный и доступный белок животных тканей. Коллаген и его производные имеют широкий спектр применения в качестве косметических и биомедицинских материалов благодаря своей способности ускорять заживление ран, усиливать адгезию тромбоцитов и вызывать гемостаз при отсутствии антигенности. В фармацевтической промышленности коллаген может быть использован для производства инновационных перевязочных средств, имплантатов стекловидного тела и носителей для доставки лекарств. Физико-химические свойства коллагена и его производных, зависящие от источника сырья, содержания белка, влаги, pH среды, наличия сшивающих агентов, электролитов, температуры обеспечивают многофункциональные свойства получаемых препаратов [2].

Традиционный источник коллагена – кожа сельскохозяйственных животных. Из-за вспышек коровьего бешенства и ящура использование тканей наземных животных для получения коллагеновых продуктов в ряде стран законодательно ограничено. В настоящее время предложено большое количество разработок по получению коллагена из кожи рыб [3–4]. У коллагена рыб имеются свои преимущества (меньшая температура денатурации) и недостатки (возможность аллергических реакций). Технология коллагена из кожи животных и рыб

включает ряд стадий с использованием кислот и щелочей для удаления жиров, пигментов. Альтернативными источниками коллагена могут служить такие морские организмы, как медузы. Медузы содержат следовые количества жиров и углеводов, а количество коллагена в составе их белков превышает 60 % [5]. Технология получения коллагена является составной частью комплексной переработки медуз, в результате может быть получен ряд продуктов с высокой добавленной стоимостью. Основное преимущество – структура коллагена, имеющая у примитивных организмов высокую степень гидрофильности и совместимости с кожей человека, отсутствие побочных реакций. У коллагена медуз эти показатели самые низкие, благодаря чему он легче проникает вглубь кожи [6].

Ранее была показана возможность получения полифункционального препарата из компонентов соединительно-тканного матрикса медуз, содержащего в основном фибриллярные нерастворимые в воде структурные белки – коллаген и эластин, образующие комплексы с муциноподобными гликозаминогликанами [5]. Молекулярная структура муцинов медуз сходна со структурой муцина вырабатываемого слизистой оболочкой желудка человека [7]. Биологическая активность муцина медуз может быть реализована в медицине, фармакологии и косметологии [8].

Несмотря на полученные положительные результаты, остается неразрешенной проблема получения препаратов коллагена медузы с высокой степенью растворимости, обеспечивающей высокую усвояемость препаратов коллагена медузы как при наружном, так и при внутреннем его применении, а также возможность использования таких препаратов в качестве диспергирующих, эмульгирующих и гелеобразующих средств. Целью данной работы было исследование возможностей получения препаратов коллагена медуз с высокой степенью растворимости.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований служила медуза-корнерот ропилема Асамуши (*Rhopilema Asamushi*), выловленная в зал. Петра Великого в 2015 г.

Коллаген получали по методу, включающему измельчение, экстракцию, сепарирование, промывку, повторное сепарирование, сушку, описанному в работе [5].

Определение водорастворимого белка проводили по методу Лоури. Растворимость определяли визуально по рекомендациям Государственной фармакопеи Российской Федерации XII издания. Для этого навеску препарата растворяли в 500-кратном количестве растворителя, непрерывно встряхивали в течение 10 мин при комнатной (23–25 °С) температуре. Препарат считали прозрачным, если при наблюдении в проходящем свете не обнаруживали частиц вещества.

Обработку ультразвуком (УЗ) проводили с помощью ультразвукового гомогенизатора Vibra-Cell при различных условиях, при этом амплитуда 100 % соответствовала мощности излучения 130 Вт и частоте 20 кГц.

Электрофорез белков проводили в 10 % (C=3,2) полиакриламидном геле (ПААГ). В качестве буфера геля использовали 0,05 М трис-HCl (pH 8,8) с 1 мМ ЭДТА и 0,1 % SDS. Персульфат аммония вносили в концентрации 3 мМ, ТЕМЕД – до концентрации 0,017 % (1,5 мМ). Полимеризация геля в пластине 15 x 20 x 0,1 см проходила в течение 30 мин. В образцы белков добавляли 0,1 % SDS, 0,1 % ЭДТА-Na соли, 0,1 % меркаптоэтанола, 1 % глицерина и 0,025 % лидирующего красителя бромфенолового синего. Разделение вели при температуре 20 °С, напряжении 100–150 В и силе тока 5–8 А на пластину (Остерман, 1981). Фиксацию и окрашивание проводили в смеси: ледяная уксусная кислота : этиловый спирт : вода в соотношении 1 : 1 : 1, содержащей 0,5 % метиленового синего в течение 10 ч. Денситограммы с пластинок снимали при помощи программы Image J. Молекулярную массу белков определяли по калибровочным графикам, построенным в координатах зависимости Rf от молекулярной массы по значениям, соответствующим наборам стандартных маркерных белков: 8, 12, 20, 30, 45, 60, 100, 220 кДа.

Хроматографию проводили с использованием Сефадекса G-75 при скорости элюции 0,4 мл/мин. Для пробоподготовки навеску в 25 мг/мл растворяли в воде и центрифугировали при 5000 об/мин в течение 10 мин.

Для получения гидролизата коллагена использовали коллагеназу из гепатопанкреаса камчатского краба с активностью 300 ПЕ/г. Параметры процесса: температура 48 °С, рН 8,0, концентрация фермента 0,5 % от массы сырья, время 3 ч.

Результаты и обсуждение

Для обработки высокомолекулярных веществ с целью их деполимеризации в настоящее время широкое распространение получил метод с использованием ультразвука (УЗ), позволяющий, не изменяя химическую природу полимеров, снижать их молекулярную массу путем расщепления отдельных химических связей. Известно, что длительное воздействие на растворы макромолекул высокой энергией УЗ волн приводит к последовательному снижению вязкости таких растворов. УЗ-обработка, способная создавать градиент скорости, достигающий 10^{-5} см, может быть использована для деполимеризации полимеров, таких как полистирол, поливинил, коллаген, ДНК и бактериальные полисахариды [9].

Также метод ферментативного гидролиза белковых составляющих считается в настоящее время одним из самых эффективных, а благодаря наличию большого количества коммерческих ферментных препаратов позволяет несущественно увеличивать затраты на производство целевых продуктов. Важным условием для эффективного ферментативного гидролиза коллагеновых белков является субстратная специфичность используемых ферментов. Это связано с жесткой структурной организацией коллагена. Наиболее распространенные ферментные препараты протеолитического действия не способны расщеплять его молекулы [10]. Поэтому для обеспечения деструкции коллагена медуз был взят ферментный препарат из гепатопанкреаса камчатского краба, сериновые протеиназы которого имеют необычную субстратную специфичность и способны к взаимодействию с коллагеном [10].

На первом этапе исследования проводили подбор параметров обработки коллагена медузы ультразвуком. Влияние параметров УЗ-обработки на накопление растворимых компонентов представлено на рис. 1.

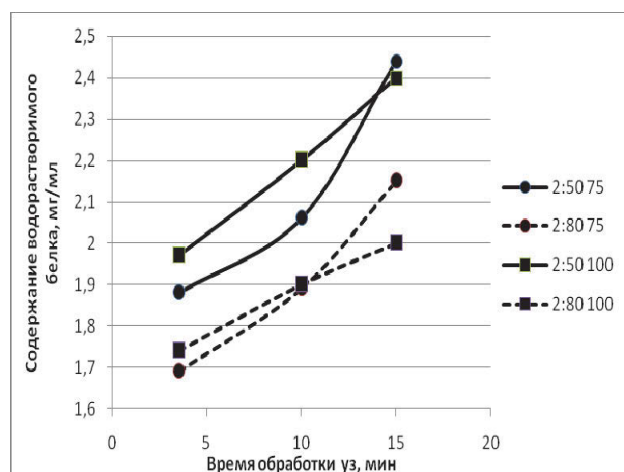


Рис. 1. Накопление водорастворимых белков при различных параметрах УЗ-обработки.

Условия: 2 : 50 - 75 – соотношение коллаген : вода, мощность – 75 %; 2 : 80 - 75 – соотношение коллаген : вода, мощность – 75 %; 2:50 - 100 – соотношение коллаген : вода, мощность – 100 %; 2:80 - 100 – соотношение коллаген : вода, мощность – 100 %

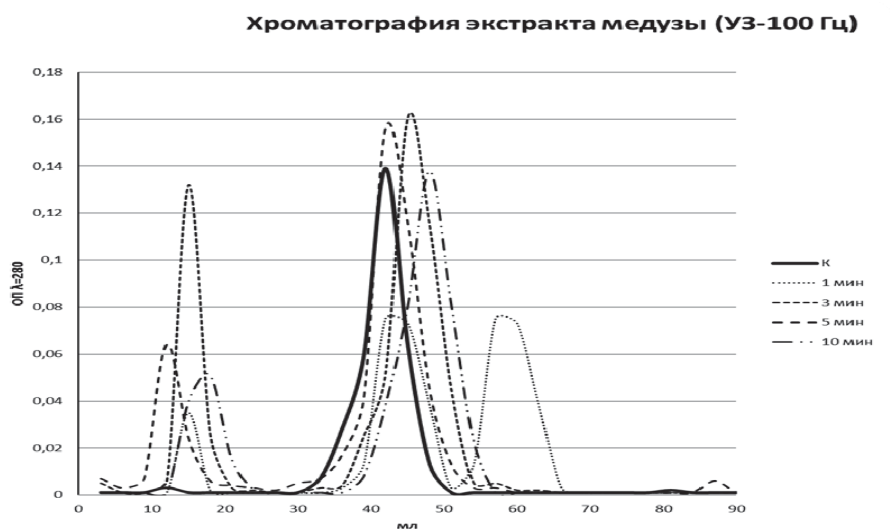
Fig. 1. Accumulation of water soluble proteins at the different parameters of US treatment of.

Condition: 2 : 50 – 75 ratio collagen : water, power – 75 %; 2 : 80 - 75 ratio collagen : water, power – 75 %; 2 : 50 - 100 ratio collagen : water, power – 100 %; 2 : 80 - 100 ratio collagen : water, power – 100 %

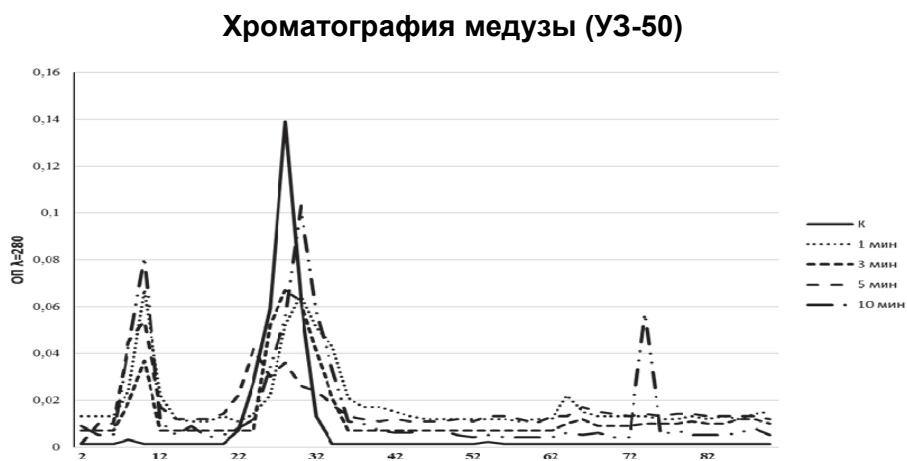
В контрольном образце без УЗ-обработки содержание белка при гидромодуле 2 : 50 составило 1,68 мг/мл, при гидромодуле 2 : 80 – 1,45 мг/мл, что составило 4,2 % от массы препарата, или 7,0 % от количества коллагена в первом случае, 5,8 % и 9,6 % – во втором. В течение 10 мин при гидромодуле 2 : 50 при УЗ-обработке при 75 % мощности количество растворимого белка увеличилось в 1,23 раза, через 15 мин – в 1,5 раза. Для образца с гидромодулем 2 : 80 эти показатели составили 1,3 и 1,5 раза соответственно. Увеличение мощности УЗ до 100 % привело к росту растворимых соединений за 10 мин в 1,3 раза и за 15 мин – в 1,5 раза (гидромодуль 2 : 50). При гидромодуле 2 : 80 эти величины составили 1,3 и

1,4 раза соответственно. Дальнейшее увеличение времени УЗ-обработки приводило к значительному увеличению температуры, что вызывало денатурацию белков. Полученные результаты показывают невысокий рост содержания растворимых соединений при обработке коллагена медузы. При этом гидромодуль и мощности УЗ-обработки не вызывают значительных различий в качестве образцов. Наибольшее содержание водорастворимых белков обнаружено при гидромодуле 2 : 50, мощности 75 %, времени 15 мин. Следовательно, данный метод может быть рекомендован только в качестве предварительной обработки.

Далее исследовали молекулярно-массовое распределение белков в образцах, обработанных УЗ различной мощности в течение различных промежутков времени от 1 до 10 мин.



а



б

Рис. 2. Хроматограммы молекулярно-массового распределения белковых фракций медузы, обработанной УЗ: а – частота 100 Гц; б – частота 50 Гц. Сорбент Сефадекс G-75, скорости элюции 0,4 мл/мин

Fig. 2. Chromatograms of molecular-mass distribution of protein fractions of jelly-fish after US treat: а – frequency 100 Hertz; б – frequency 50 Hertz. Sorbent of Sefadex G-75, rate of elution 0,4 ml/min

В контрольных образцах наблюдали присутствие одного пика, условно соответствующего средней молекулярной массе среди всех полученных фракций. При частоте УЗ излучения в 50 Гц происходит постепенное снижение количества белков данной фракции и накопление

нехарактерных для контрольного образца компонентов как с меньшей молекулярной массой, так появление пиков в зоне, соответствующей более высокой массе. Таким образом, при УЗ-обработке происходит не только распад белковых соединений, но и образование более крупных белковых агрегатов. При частоте УЗ-излучения в 100 Гц общий характер процесса сохраняет ту же тенденцию. Однако образование более крупных белковых агрегатов, нехарактерных для исходного препарата, происходит с большей интенсивностью.

При получении водорастворимой формы коллагена медузы методом ферментативного гидролиза использовали условия, ранее примененные для обработки коллагенсодержащего сырья и хрящевой ткани гидробионтов [11]. В качестве ферментного препарата использовали коллагеназу камчатского краба с активностью 300 ПЕ/г, условия ферментализации: температура 48 °С, рН 8,0, концентрация фермента 0,5 % от массы сырья, время 3 ч.

Результаты анализа содержания растворимого белка в образцах коллагена медузы, полученных различными способами, представлены в табл. 1. Для сравнения использовали водный раствор; экстракт в 0,5 М уксусной кислоте (прием, традиционно используемый для фракционирования кислоторастворимой фракции коллагена из животного сырья); водный раствор после обработки УЗ; ферментализат.

Таблица 1

Содержание водорастворимого белка в образцах коллагена медузы, % общей массы

Table 1

Contents of water soluble proteins is in the samples of collagen of jelly-fish, % total mass

Образец	Содержание белка, %
Без обработки	2,8
Экстракт в 0,5 М уксусной кислоте	5,4
Обработка УЗ (20 мин; мощность 75 %)	2,98
Ферментализат (3 ч, 48 °С, 0,5 % фермента)	74,2

Обработка УЗ так же, как и кислотная экстракция позволяет лишь незначительно повысить выход растворимого белка. При УЗ-обработке происходят структурные перестройки и изменение молекулярно-массового распределения, как это показано выше. Обработка ферментным препаратом со специфичностью к коллагену позволяет перевести практически $\frac{3}{4}$ его количества в растворимое состояние. При этом содержание высокомолекулярного коллагена в ферментализате составило 16,6 %, а в образцах до и после обработки УЗ – 20,3 %.

При исследовании суммарного содержания растворимых компонентов ферментализата коллагена при различных условиях были получены следующие результаты (рис. 3). Наибольшая растворимость наблюдается в водном растворе. Для достижения полного растворения навески препарата в 500-кратном количестве воды требуется 5 мин. Повышение концентрации хлорида натрия приводит к увеличению времени полного растворения до 10 мин. Таким образом, повышение ионной силы раствора приводит к снижению его растворимости. Зависимость растворимости ферментализата коллагена от рН имеет нелинейную зависимость. При этом в слабокислой зоне (рН 6,0) отмечена наилучшая растворимость препарата. Дальнейшее снижение рН приводит к достаточно резкому снижению растворимости при рН 4,0, хотя далее она вновь растет. Для коллагена медузы без обработки, как и обработанного ультразвуком, полного растворения не наблюдалось ни при каких вышеназванных условиях.

Коллаген, применяемый в качестве сырья для производства наружных средств, должен обладать хорошей растворимостью при нейтральных значениях рН, чтобы не вызывать раз-

дражения на коже, иметь высокие показатели адсорбции для хорошего связывания с другими компонентами средства, а также высокую эмульгирующую активность для стабилизации кремов и мазей. Определение данного показателя важно для установления области применения коллагенового препарата.

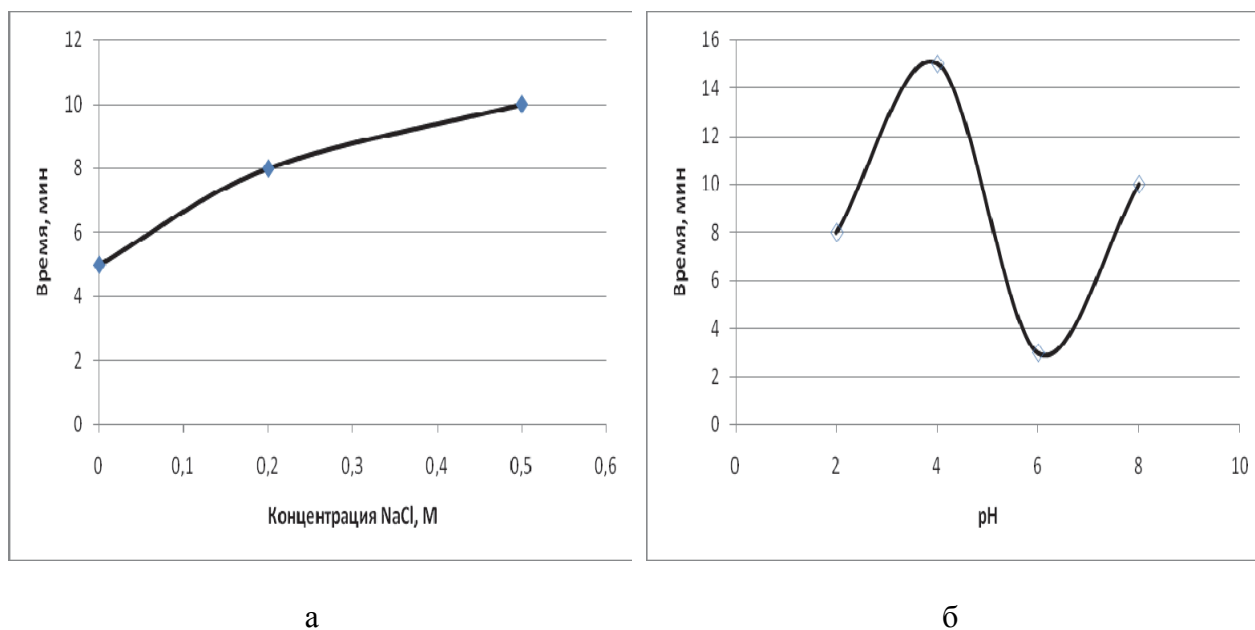


Рис. 3. Зависимость времени растворения ферментализата коллагена медузы от концентрации хлорида натрия (а) и от pH (б)

Fig. 3. Dependence of time of dissolution of the enzymes hydrolyzates of collagen from jelly-fish on the concentration of natrium chloride (а) and pH (б)

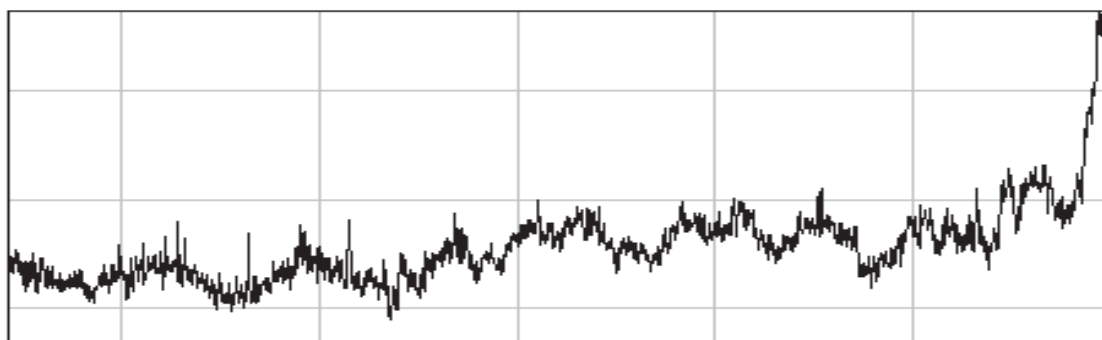
Методом гель-электрофореза в ПААГ было проведено разделение и определена молекулярная масса белков в трех препаратах: коллаген медузы без обработки, обработанный ультразвуком и ферментативный гидролизат.

Электрофореграмма разделения белков коллагена медузы позволяет оценить общую картину распределения белковых фракций в зависимости от их молекулярной массы и заряда молекул. Для расчета молекулярной массы проводили разделение белков-маркеров с известной молекулярной массой в этих же условиях.

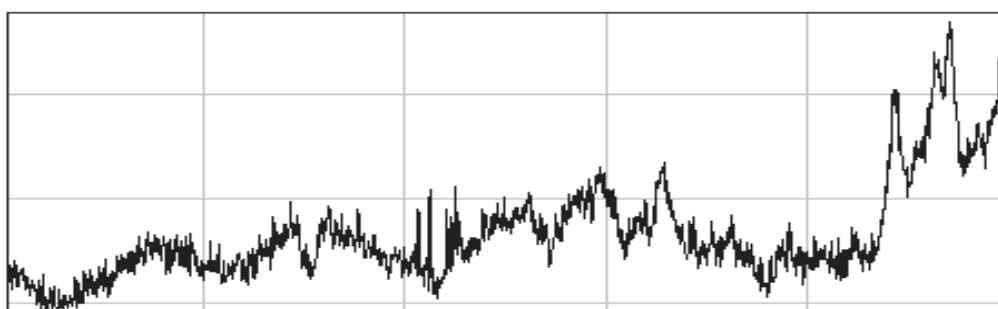
Денситометрическое сканирование полученных электрофореграмм позволяет наиболее точно рассчитать молекулярную массу отдельных фракций (рис. 4).

Максимальное количество фракций (7) молекулярной массой от 15 до 70 кДа обнаружено в ферментализате коллагена медузы (табл. 2). В коллагене, обработанном ультразвуком, присутствуют 3 низкомолекулярных компонента от 19 до 71 кДа и 3 компонента – свыше 100 кДа. В коллагене без обработки преобладающей является фракция с молекулярной массой 220 кДа.

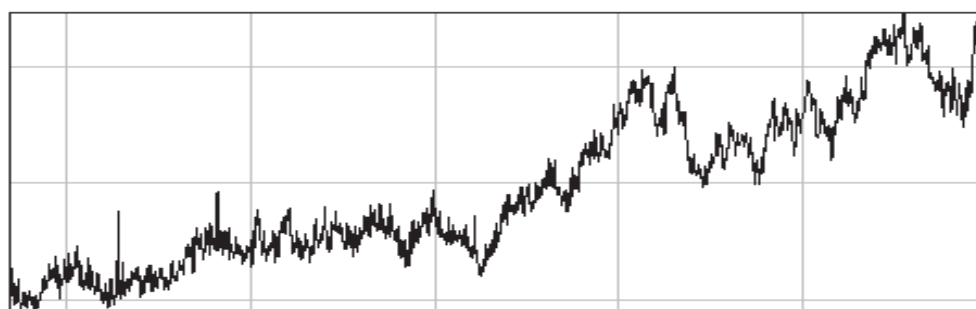
Сравнение результатов молекулярно-массового распределения, полученных при гелефильтрации и электрофорезе, в целом не противоречат друг другу. Хотя при хроматографии были получены высокомолекулярные фракции, отсутствующие в исходном сырье, следует учитывать, что электрофорез проводился в присутствии додецилсульфата натрия (0,1 % SDS), т.е. в условиях денатурации белков и распада белковых субъединиц, не связанных ковалентной связью.



Коллаген медузы без обработки



Коллаген медузы, обработанный ультразвуком



Ферментоллизат коллагена медузы

Рис. 4. Денситограммы электрофоретического разделения белков различных препаратов коллагена медузы

Fig. 4. Densitograms of electrophoretic division of proteins of different preparations from jelly-fish collagen/

Таблица 2

Молекулярно-массовое распределение белковых фракций препаратов коллагена медузы

Table 2

Molecular-mass distribution of proteins factions in preparations of collagen from jelly-fish

Препарат	Молекулярные фракции, кДа
Без обработки	220
УЗ	220, 140, 108, 71, 22, 19
Ферментоллизат	220, 55-70, 50, 40, 29, 24, 20, 15

Таким образом, полученные результаты позволяют оценить вклад различных способов обработки коллагена медуз для образования растворимых компонентов. Показано, что исходный коллаген слабо растворим как в водных, так в солевых растворах и содержит одну белковую фракцию с массой 220 кДа. Обработка УЗ, в различных условиях, не способна дать существенного увеличения количества растворимых компонентов, однако образующиеся при этом низкомолекулярные компоненты способны агрегировать между собой. Подобные агрегаты распадаются при добавлении денатурирующих агентов. Наибольший выход низкомолекулярных растворимых белков образуется при ферментативном гидролизе (74,2 % водорастворимого белка). Но при этом частично сохраняется фракция, соответствующая молекулярной массе исходного компонента.

Полученные результаты также позволяют дать рекомендации по применению препаратов коллагена медузы, полученных различными способами. Хорошо растворимые образцы коллагена имеют преимущества при использовании в составе кремов и мазей, а слабо растворимые – при производстве волокон, пленок, губок, порошков, обладающих свойствами водо- и газопроницаемости, имеющих высокую сорбционную способность по отношению к биологически активным веществам, и обеспечивают их пролонгированное высвобождение. Эти свойства имеют большое значение при лечении инфицированных ран и ожогов, в косметологии благодаря высокой степени совместимости с фибробластами человека и отсутствию аллергических реакций.

Список литературы

1. Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения / под ред. М.И. Штильмана. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 328 с.
2. Истранов Л.П., Абоянц Р.К., Истранова Л.П., Сыченников И.А. Коллагеновое вспомогательное вещество в технологии лекарств [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://collagen.su/archives/2628>.
3. Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. Коллагены: источники, свойства, применение. Воронеж : ВГУИТ, 2014. 512 с.
4. Bechir A., Sirbu R., Leca M., Maris M., Maris D.A., Cadar E.M. The Nanobiotechnology of Obtaining of Collagen Gels from Marine Fish Skin and Their Rheological Properties for using Like New Materials in Dental Medicine International Journal of Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering. 2008. Vol. 2, No. 6. P. 190–196.
5. Пивненко Т.Н., Позднякова Ю.М., Есипенко Р.В. Полифункциональный препарат из тканей медузы ропилемы, содержащий мукополисахариды и коллаген // Пищ. и морская биотехнология: материалы 5 Междунар. конф., г. Калининград 24 мая 2016 г. Калининград, 2016. С. 77–79.
6. Silvipriya K.S., Krishna Kumar K., Bhat A.R., Dinesh Kumar B., Anish John, Panayappan Lakshmanan. Collagen: animal sources and biomedical application // Journal of Applied Pharmaceutical Science. 2015. Vol. 5 (03). P. 123–127.
7. Masuda A., Baba T., Yamamura M. Mucin (chondroitin-6-sulfate), a glycoprotein from jellyfish, and determination of its main chain structure // J. Nat. Prod. 2007. Vol. 70. P. 1089–1092.
8. Nagai T., Worawattanamateekul W., Suzuki N. Isolation and characterization of collagen from rhizostomous jellyfish (*Rhopilema asamushi*) // Food Chem. 2000. Vol. 70. P. 205–208.
9. Machova E., Kogan G., Soltes L., Kvapilova K., Sandulaa J. Ultrasonic depolymerization of the chitin–glucan isolated from *Aspergillus niger* // Reactive & Functional Polymers. 1999. Vol. 42. P. 265–271.

10. Пивненко Т.Н., Ковалев Н.Н. Сериновые протеиназы морских организмов: свойства, получение, применение: монография. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2015. 498 с.

11. Пивненко Т.Н., Суховерхова Г.Ю., Запорожец Т.С., Гажа А.К., Иванушко Л.А. Функциональные компоненты ферментированной хрящевой ткани рыб и их влияние на экспрессию маркеров активации лимфоцитов // Биотехнология. 2017. Т. 33. С. 66–80.

Сведения об авторах: Пивненко Татьяна Николаевна, доктор биологических наук, профессор, e-mail: tpivnenko@yandex.ru;

Позднякова Юлия Михайловна, кандидат технических наук, e-mail: rozdnnyakova.julia@yandex.ru;

Ковалев Алексей Николаевич, e-mail: kovalevnn61@yandex.ru.

УДК 664.02+664.959.5

Н.Г. Тунгусов, Е.В. Шадрина, В.Д. Богданов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ
КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОЙ ДОБАВКИ
ИЗ МОРСКИХ ЗВЕЗД**

Произведен подбор оборудования для обеспечения технологического процесса производства кормовой добавки из морских звезд комбинированным способом производительностью 1000 кг по сырью или 300 кг по готовому продукту. Для проведения основных технологических операций: экстрагирование, разделение смеси, удаление растворителя, ферментирование, предварительная сушка путем выпаривания – предложено использовать вакуумный реактор. Высокое качество готового продукта обеспечивается за счет низкотемпературной и кратковременной тепловой обработки в вакуумном реакторе и вальцово-барабанном сушильном аппарате. Разработана аппаратурно-технологическая схема производства кормовой добавки из морских звезд комбинированным способом.

Ключевые слова: морские звезды, оборудование, экстрагирование, ферментирование, кормовая добавка.

N.G. Tungusov, E.V. Shadrina, V. D Bogdanov

**TECHNICAL SUPPORT OF THE CORE PROCESSES COMBINED TECHNOLOGY
FOR THE PRODUCTION F FEED ADDITIVE FROM THE SEA STARS**

Promoted the selection of equipment to ensure the technological process of production of feed additive of starfish combined method performance on raw 1000 kg or 300 kg on the finished product. To conduct basic technological operations: extraction, separation of mixtures, removal of solvent, the fermentation, pre-drying by evaporation, it is proposed to use the vacuum reactor. The high quality of the finished product is ensured by low temperature and short heat treatment in a vacuum reactor and a roller-drum drying apparatus. Developed hardware and technological scheme of production of feed additives from starfish combined method.

Key words: starfish, equipment, extraction, fermenting, feed additive.

Введение

Разработка рациональных технологий кормовых продуктов, особенно из водных биоресурсов, отличающихся высокой биологической ценностью, является важным условием для успешного развития животноводства. В результате проведенных научно-экспериментальных работ установлена целесообразность получения кормовой добавки из морских звезд, выловленных в бухте Северной Хасанского района Приморского края. Обоснованы различные способы получения кормовой добавки из морских звезд: метод прямой сушки, экстрагирования, ферментирования, которые имеют ряд недостатков, связанных с биологическими особенностями данного сырья [1, 2, 3].

Разработка комбинированного способа (экстрагирование+ферментирование) производства кормовой добавки из морских звезд позволяет использовать достоинства каждого метода и устранить их недостатки таким образом, чтобы повысить эффективность технологического воздействия на сырье и полуфабрикат [4]. Технологическая схема производства кормовой добавки комбинированным способом представлена на рис. 1.

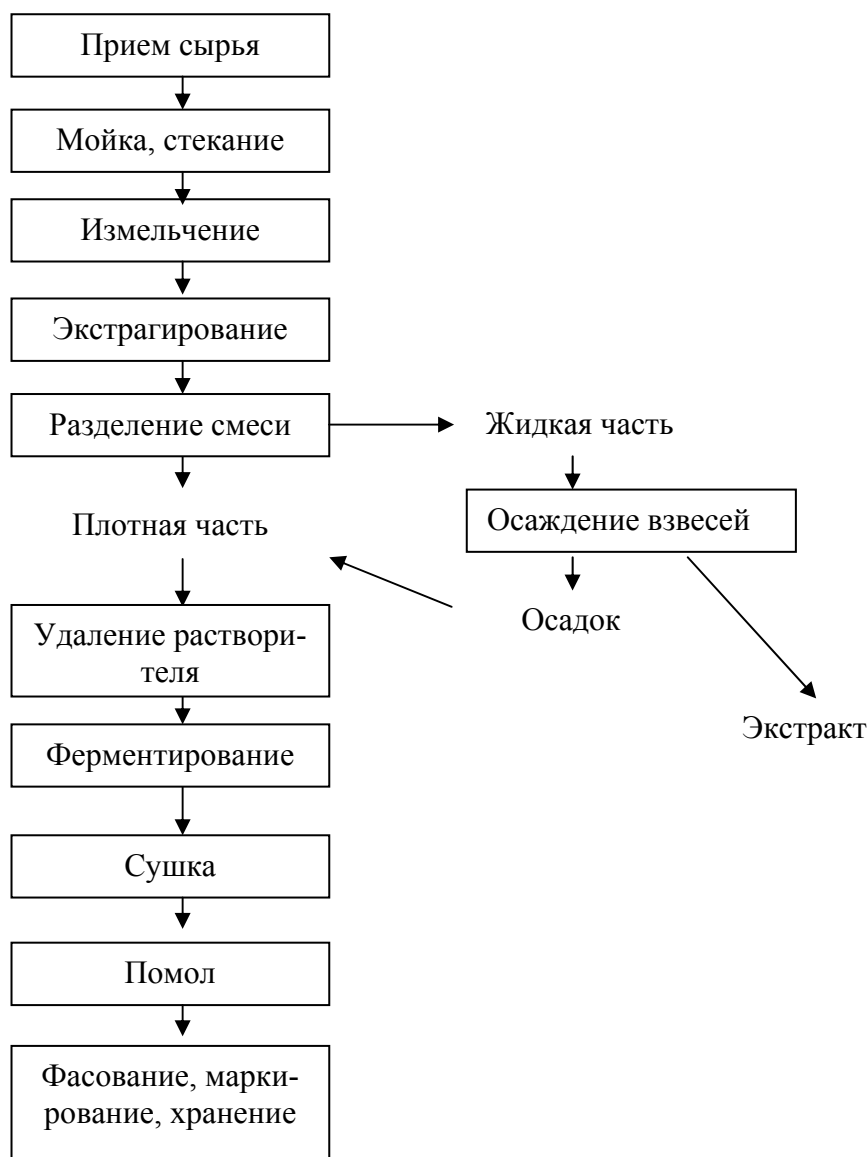


Рис. 1. Технологическая схема производства кормовой добавки комбинированным способом

Fig. 1. The Technological scheme of production of feed additives combined method

Важной задачей является внедрение в производство современных научных разработок. Технологическое проектирование участка по производству кормовой добавки из морских звезд комбинированным (экстракционно-ферментативным) способом – один из этапов такого внедрения.

Целью настоящей работы является подбор технологического оборудования для обеспечения производства кормовой добавки из морских звезд комбинированным способом и разработка аппаратно-технологической схемы.

Объекты и методы исследований

На основе анализа сырьевой базы и перспективного спроса на данный продукт определена производительность перерабатывающего участка по производству кормовой добавки: 1000 кг по сырью или 300 кг по готовому продукту в сутки.

Подбор технологического оборудования производили по операциям.

Для выполнения проектных работ использовали методы анализа, сравнения, синтеза, моделирования.

Результаты и их обсуждение

Основными технологическими операциями при получении кормовой добавки являются экстрагирование этанолом, удаление взвесей из водно-спиртового раствора, ферментирование и сушка. Остальные операции являются традиционными для производства кормовых продуктов.

Прием сырья производится в загрузочном бункере в виде треугольной односкатной призмы с выпуском через боковое окно.

Мойка морских звезд осуществляется для удаления песка, ила и морской травы. На этой операции используется моечный аппарат барабанного типа CHDWS-2600, внутри которого установлена спиралевидная лента, способствующая продвижению морских звезд к выходу [5]. В результате движения сырье переворачивается и равномерно промывается водой. Особенностью амбулакальной системы морских звезд является то, что во время выдерживания на воздухе сырье отдает до 30 % свободной воды, поэтому *стекание* необходимо проводить в емкостях с перфорированным дном.

Измельчение осуществляется в аппаратах типа волчок, например, К7-ФВП-160, обеспечивающих измельчение сырья заданных размеров частиц (от 3 до 20 мм).

Экстрагирование и ферментирование являются ключевыми операциями в применяемой технологии, для проведения которых необходима емкость, снабженная системами перемешивания, подогрева и поддержания заданной температуры, загрузки и выгрузки сырья, слива и перекачивания экстракта.

Для проведения операции *экстрагирования* возможно применение экстракционного аппарата компании «Агромаш» с тэнами для поддержания необходимой температуры экстракции и частичного подсушивания, мешалкой для перемешивания экстрагируемого материала, вакуумным насосом, создающим необходимые условия для экстракции, насосом для циркуляции растворителя. После экстракции водно-спиртовой раствор сливается и пропускается через сепаратор для удаления взвесей. Для разделения смеси рекомендуется использовать декантер типа LW230AA (Германия). Скопившийся осадок возвращается в измельченную массу, а спиртовой раствор направляется на регенерацию для повторного использования [6].

Операция *ферментирования* может осуществляться как с помощью ферментатора, так и с помощью вакуумного реактора (вакуум-выпарного аппарата).

Изучение технических характеристик вакуумных реакторов показало, что данный вид оборудования имеет ряд преимуществ для использования в разработанной комбинированной технологии, а именно:

- возможность последовательного проведения операций *экстрагирование* и *ферментирование* в одном аппарате без перемещения полуфабриката;
- принудительное (под вакуумом) отделение водно-спиртового экстракта через патрубок нижнего слива;
- возможность проведения операции *осаждение взвесей* в процессе принудительного отделения водно-спиртового экстракта через патрубок нижнего слива путем установки съемного сетчатого фильтра в патрубок слива. В этом случае крупные частицы плотной части выполняют роль фильтрационного материала для тонких взвесей и «осадок» остается в аппарате. Таким образом, отпадает необходимость в применении сложного и дорогостоящего оборудования для осаждения взвесей из экстракта, как сепаратор или осадительная центрифуга;
- возможность удаления остатков растворителя из плотной части путем ее нагрева под вакуумом и последующей конденсации и регенерации растворителя;
- возможность подачи ферментного раствора по трубопроводу посредством вакуумирования аппарата;
- возможность проведения процесса ферментирования при заданном температурном режиме и постоянном перемешивании, что сокращает продолжительность операции;

- возможность проведения процесса концентрирования ферментного гидролизата (выпаривания основной доли воды под вакуумом при пониженной температуре);
- возможность выгрузки концентрированного гидролизата (пастообразной консистенции) через патрубок нижнего слива посредством вакуумирования приемной емкости [6].

Из приведенных данных видно, что целесообразно использование вакуумного реактора, обеспечивающего осуществление основных технологических процессов: *экстрагирование* и *ферментирование* в одном аппарате, а также позволяет выпарить большую часть воды при пониженной температуре, что, в свою очередь, значительно сокращает продолжительность и энергетические затраты последующего процесса сушки продукта.

Сушка является не менее важной операцией, от которой зависит качество готового продукта. Сушка пастообразных материалов связана с налипанием их на стенки сушильных аппаратов и с образованием корки на поверхности высушиваемого материала, что приводит к резкому увеличению длительности процесса. Наиболее пригодными для сушки таких материалов являются петлевые и вальцово-ленточные или вальцово-барабанные сушилки непрерывного действия. В данном случае предлагается использовать барабанную сушилку марки HG-700, которая обеспечивает качество продукта за счет высокой скорости сушки (содержание воды не более 10%) и кратковременного температурного воздействия. В аппарате тепло передается внутренней стенке барабана вследствие подачи теплоносителя по трубам, расположенным внутри. В процессе сушки жидкий материал обволакивает наружную поверхность барабана, нагревается и отдает излишнюю влагу. Сухой продукт соскабливается с поверхности барабана при помощи скребка и выгружается посредством шнекового конвейера [7].

Помол. Высушенное сырье требует измельчения до однородного размера частиц. Для осуществления помола предлагается дробилка марки 30B/30Bset для тонкого измельчения сухого материала.

Фасование кормовой добавки осуществляется в пленочные пакеты весом от 1 до 10 кг. Для фасования рекомендуется использовать автомат для фасовки пылящих продуктов (с объёмным шнековым дозатором), обеспечивающий фасование сыпучих продуктов в широком диапазоне дозируемого объема.

Состав технологической линии представлен в таблице.

Состав технологической линии Structure of the technological line

Наименование	Марка	Количество единиц, шт.
Бункер сырья	-	1
Моечный аппарат	CHDWS-2600	1
Перфорированный контейнер	iBox 11.602.91.PE.C13	4
Волчок	К7-ФВП-160	1
Элеватор ковшовый (гусиная шея)	РЭК-01	1
Вакуумный реактор	-	2
Емкость вакуумная, объем 1500 л	-	1
Емкость вакуумная, объем 800 л	-	1
Емкость, объем 1500 л	-	1
Емкость, объем 800 л	-	1
Насос пищевой	-	1
Барабанная сушилка для вязких жидкостей	HG-700	1
Дробилка	30B/30Bset	1
Шнековый транспортер	-	1
Автомат для фасовки пылящих продуктов	-	1

На основе подобранного оборудования разработана аппаратно-технологическая схема производства кормовой добавки из морских звезд комбинированным способом (рис. 2).

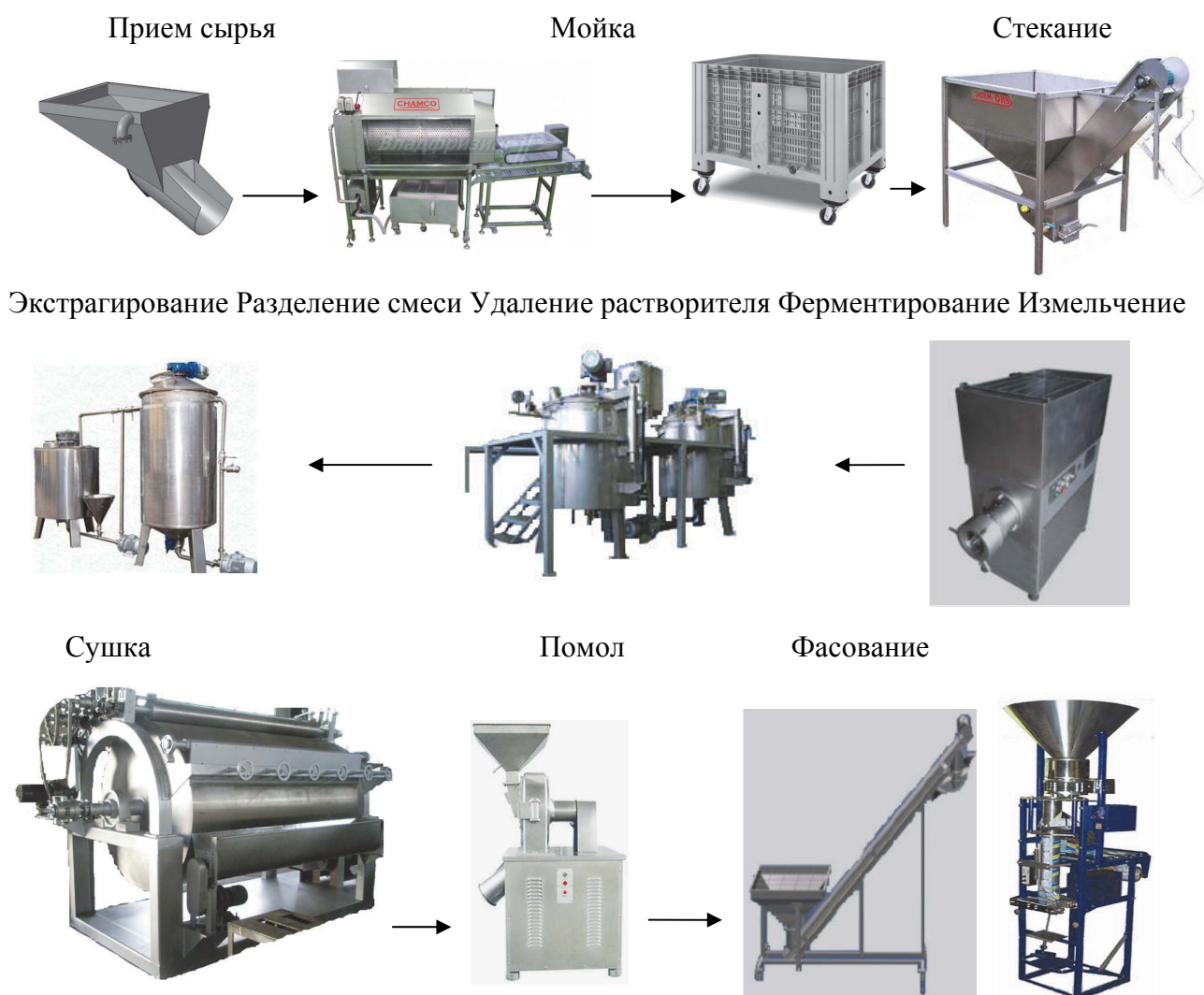


Рис. 2. Аппаратно-технологическая схема производства кормовой добавки из морских звезд комбинированным способом

Fig. 2. Hardware-technological scheme of production of feed additives from starfish combined method

Заклучение

В качестве основного технологического оборудования в предлагаемой разработке используется вакуумный реактор для проведения ключевых операций. Системы, работающие при пониженном давлении, позволяют не только проводить тепловые процессы в щадящих регулируемых режимах, что особенно важно в данной технологии, но и осуществлять дополнительные функции: перемещение растворителя, экстракта, ферментного раствора, пастообразного полуфабриката, а также удаление растворителя и концентрирования ферментата.

Применение вакуумного реактора позволяет осуществлять процесс сушки ферментированного продукта в два этапа: выпаривание под вакуумом при пониженной температуре и сушка пастообразного полуфабриката на вальцово-барабанной сушилке, что обеспечивает высокое качество готового продукта за счет низкотемпературного и кратковременного теплового воздействия.

Аппаратурное оформление производства кормовой добавки из морских звезд комбинированным способом осуществлено с применением рационального количества доступного технологического оборудования, обеспечивающего непрерывный процесс на основных технологических этапах с минимальным межоперационным перемещением полуфабриката и сокращением продолжительности как отдельных операций, так и в целом всего технологического процесса.

Список литературы

1. Богданов В.Д., Шадрина, Е.В., Максимова С.Н., Тунгусов Н.Г., Панчишина Е.М. Обоснование технологии белково-минеральной кормовой добавки из морских звезд, основанной на способе прямой сушки // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2015. Т. 36. С. 108–112.
2. Пат. 2618345 Российская Федерация. Способ получения кормовой добавки из морских звезд / Богданов В.Д., Тунгусов Н.Г., Максимова С.Н., Шадрина Е.В., Панчишина Е.М., Вакула М.М. Оpubл. 03.05.2017. Бюл. № 13.
3. Шадрина Е.В., Максимова С.Н., Панчишина Е.М., Богданов В.Д. Обоснование условий биомодификации морских звезд при получении кормовой добавки // Изв. ТИНРО. Владивосток, 2016. Т. 187. С. 261–266.
4. Решение о выдаче патента от 16.08.2017. Заявка № 20161485 Способ получения кормовой добавки из морских звезд.
5. Технологическое оборудование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.normit.ru>.
6. Официальный сайт компании НПК Агромаш [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agro-mash.ru/>
7. Технологическое оборудование для сушки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bonfanti.eu>.

Сведения об авторах: Тунгусов Николай Гаврилович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: tungusovn@mail.ru;

Шадрина Екатерина Васильевна, аспирант, e-mail: katyashadrina83@mail.ru;

Богданов Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 66.067.15

А.И. Крикун

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ

Разработан алгоритм поиска вещественно-полевых ресурсов (ВПП), проведен анализ и экспериментальное исследование зернистых материалов Приморского края с целью возможности их использования при водоподготовке для технологических нужд на рыбоперерабатывающих предприятиях. Определены наиболее эффективные зернистые загрузки при фильтрации морской воды.

Ключевые слова: *фильтрация, зернистые материалы, морская вода, фильтр, рыбоперерабатывающие предприятия, технологические нужды.*

A.I. Krikun

RESEARCH OF GRAIN MATERIALS AT WATER TREATMENT

In this article, an algorithm for searching for real-field resources (RFR) has been developed, an analysis and experimental study of granular materials of Primorsky Krai has been carried out, with a view to their possible use in water treatment for processing needs at fish processing enterprises. The most effective granular loads are determined in the filtration of sea water.

Key words: *filtration, granular materials, sea water, filter, fish processing enterprises, technological needs.*

Введение

На долю Дальнего Востока приходится более 60 % всех рыбоперерабатывающих предприятий России и до 95 % сырья отправляющегося на переработку. Большая часть технологических операций на предприятиях данного типа (мойка, разделка и мн. др.) неосуществимы без использования воды повышенного качества, связанной с прямым контактом воды с сырьем. Первой и необходимой стадией водоподготовки является фильтрация, т.е. отделение механических примесей. Объемы используемой воды весьма велики. В зависимости от типа производства он составляет до 14,5 м³/т. Это обуславливает актуальность совершенствования процесса очистки, в частности – фильтрации технологической воды.

Анализ современных способов водоподготовки показал, что наиболее перспективным, надежным, эффективным и экономически выгодным методом является фильтрация через слои зернистых фильтрующих материалов с различными гранулометрическими, физико-химическими и сорбционными свойствами [9].

Объекты и методы

Объектами исследования являлись зернистые материалы природного и искусственно-происхождения (Приморский край) и фильтрат, полученный при пропускании через них морской воды, отобранной в различных бухтах зал. Петра Великого.

С целью определения наиболее благоприятных зернистых материалов при водоподготовке на рыбоперерабатывающих предприятиях нами разработан алгоритм поиска вещественно-полевых ресурсов (ВНР) (рис. 1). За основу взята теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) Альтшуллера [1, 2, 12].

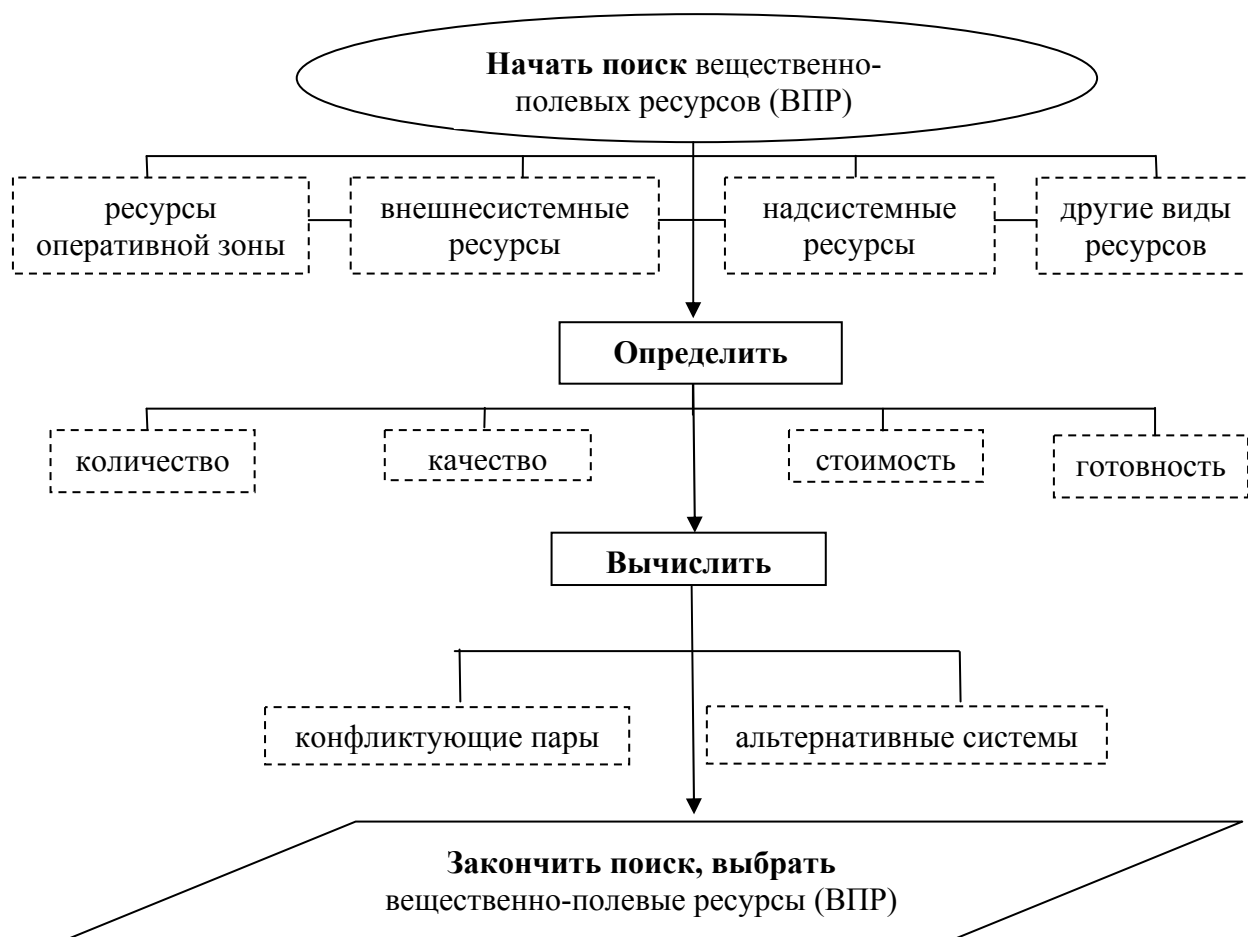


Рис. 1. Алгоритм поиска вещественно-полевых ресурсов [9]

Fig. 1. Algorithm for searching for real-field resources [9]

Для проведения исследования нами составлен перечень вещественно-полевых ресурсов (ВНР), имеющих в нашем распоряжении, т.е. в рассматриваемой оперативной зоне (ОЗ):

- ресурсы оперативной зоны (зернистые материалы и насыпные фильтры);
- внешнесистемные ресурсы (морская вода соленостью до 35 ‰, отобранная в различных точках зал. Петра Великого и механические примеси);
- надсистемные ресурсы (отходы рыбоперерабатывающих предприятий и «копеечные» посторонние элементы – морские гравий, песок, вода);
- другие виды ресурсов (временные; информационные; пространственные и др.).

Проведена оценка их по критериям: количеству, качеству, стоимости и готовности.

Определялась конфликтующая пара. Привлекались альтернативные вещества и поля.

Вычислив все возможные конфликтующие пары и альтернативные системы, возможно вычислить наиболее приемлемые и эффективные зернистые перегородки [1, 2, 9].

Нами произведен анализ зернистых материалов Приморского края. При подборе соответствующих зернистых материалов для экспериментального исследования учитывали факторы, представленные на рис. 2.



Рис. 2. Факторы, учитываемые при выборе зернистых материалов для исследования [7, 8, 11]

Fig. 2. Factors to consider when selecting granular materials for research [7, 8, 11]

В результате аналитического анализа зернистых материалов для экспериментального исследования были отобраны 10 видов, из них 4 природного происхождения (морские песок и гравий, сульфуголь и цеолиты) и 6 искусственного (керамзит, биокерамика, электрокорунд, биошары, пластиковая загрузка и пластиковая загрузка в пищевом парафине).

Экспериментальная часть работы выполнялась в 2 этапа: на стеклянных моделях и на экспериментальной установке, разработанной с участием автора [9, 10]. Пробы морской воды отбирались в 16 различных точках зал. Петра Великого на расстоянии 200 м от берега с глубины 10 м в соответствии с действующими методиками [3, 5, 12].

Отработаны 19 методик измерения физико-химических и 6 органолептических показателей в пробах морской воды до и после фильтрования через предварительно отобранные зернистые материалы Приморского края.

Результаты и их обсуждение

Результаты анализа проб морской воды до процесса фильтрования через слои зернистых материалов проверялись на соответствие требованиям, предъявляемым к технологической воде на рыбоперерабатывающих предприятиях [4, 6]. Поскольку требования, предъявляемые к качеству морской воды, предназначенной для одной и той же технологической цели на рыбоперерабатывающих предприятиях, могут различаться на разных предприятиях и зависят от оборудования, методов производства и от вида производимой про-

дукции, то при конкретизации требований к технологической морской воде использовались данные, полученные на предприятии ООО «Деликон продукт»: содержание примесей, TDS $\approx 40\div 120$, реже до 250 мг/л; кислородосодержание, O_2 при $t > 20^\circ C \approx 6\div 8$ мг/л и при $t < 20^\circ C \approx 8\div 10$ мг/л; содержание кальция, $Ca \approx 400\div 450$ мг/л; содержание магния, $Mg \approx 1200\div 1400$ мг/л; кислотность, $pH \approx 8\div 8,6$; карбонатная жесткость (кН) $\approx 8\div 12$ дН; содержание нитритов (NH_2), нитратов, NH_3 и фосфатов, $PO_4 \approx$ не более 0,1 мг/л; температура воды $t, ^\circ C$ (в зависимости от назначения); цветность ($< 35^\circ$ по кориолису – малоцветная); мутность и прозрачность, балл (0 – прозрачная, 1 – слабоопалесцирующая); запах (0 – отсутствует, 1 – очень слабый); привкус (солёный, свойственный объекту) ≈ 500 мг/л – солёный; пенность – отсутствует.

Полученные результаты позволили подразделить отобранные пробы морской воды на 3 группы: 1-я группа (морская вода с пороговыми или критическими для технологических нужд показателями) – 6 бухт: Лазурная (Шамора), Стеклянная, Сухопутная (Тихая) – Уссурийский залив; Мелководная, Песчаная, Угловая (п-ов Де-Фриз) – Амурский залив; 2-я группа (морская вода с приемлемыми для технологических нужд показателями) – 5 бухт: Врангель, Находка (зал. Находка), о. Попова (южное побережье), Новик (о. Русский) и о. Елена (пр-в Босфор Восточный) – Уссурийский залив; 3-я группа (морская вода, наиболее подходящая для технологических нужд) – 5 бухт: Троица, Экспедиции, Рейд Паллада (зал. Посьета), Северная и Табунная (Безверхово) – Славянский залив. В качестве исследуемой выбрана морская вода, принадлежащая 1-й группе [9].

Произведен анализ фильтрата, полученного после фильтрования через слои однослойных и двухслойных зернистых материалов, различной дисперсности (рис. 3) на содержание механических примесей (TDS, мг/л). Полученные результаты представлены на рис. 4.

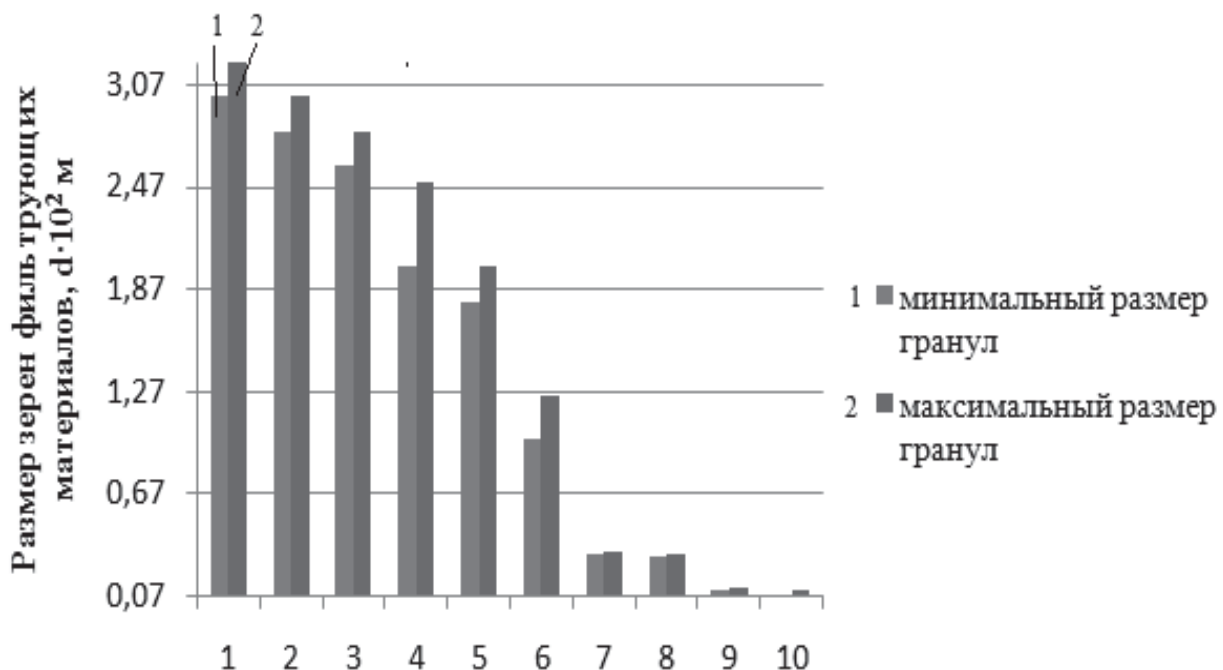


Рис. 3. Сравнительный анализ дисперсности фильтрующих материалов: 1 – биошары; 2 – керамзит; 3 – цеолиты; 4 – морской гравий; 5 – электрокорунд; 6 – биокерамика; 7 – сульфуголь; 8 – пластиковая загрузка; 9 – пластиковая загрузка в парафине; 10 – морской песок

Fig. 3. Comparative analysis of the dispersion of filter materials: 1 – bio-balloons; 2 – expanded clay; 3 – zeolites; 4 – sea gravel; 5 – electrocorundum; 6 – bioceramics; 7 – sulfone; 8 – plastic loading; 9 – plastic charge in paraffin; 10 – sea sand

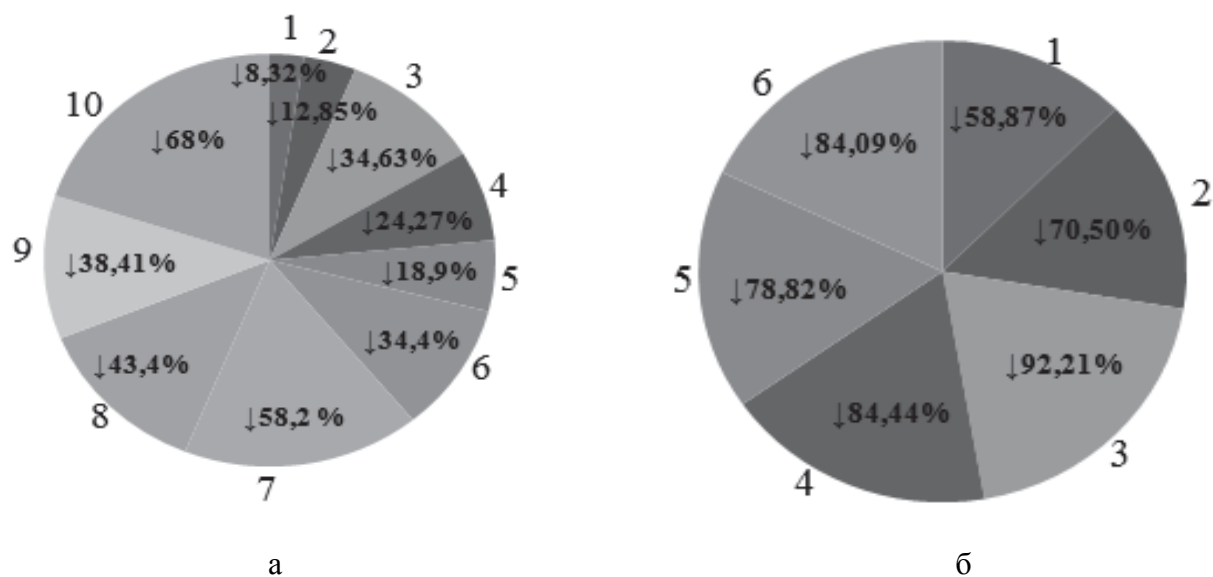


Рис. 4. Снижение содержания примесей после фильтрования через зернистые перегородки: а – однослойные: 1 – биошары; 2 – керамзит; 3 – цеолиты; 4 – морской гравий; 5 – электрокорунд; 6 – биокерамика; 7 – сульфуголь; 8 – пластиковая загрузка; 9 – пластиковая загрузка в парафине; 10 – морской песок; б – двухслойные: 1 – керамзит и морской гравий; 2 – керамзит и биокерамика; 3 – морской песок и сульфуголь; 4 – морские гравий и песок; 5 – цеолиты и пластиковая загрузка; 6 – морской песок и пластиковая загрузка в парафине

Fig. 4. Decrease in the content of impurities after filtration through granular partitions: a – single-layer: 1 – bio-spheres; 2 – expanded clay; 3 – zeolites; 4 – sea gravel; 5 – electrocorundum; 6 – bioceramics; 7 – sulfone; 8 – plastic loading; 9 – plastic charge in paraffin; 10 – sea sand; b – two-layer: 1 – expanded clay and sea gravel; 2 – expanded clay and bioceramics; 3 – sea sand and sulfone; 4 – sea gravel and sand; 5 – zeolites and plastic charge; 6 – sea sand and plastic loading in paraffin

Экспериментально установлено следующее:

- наиболее эффективно задерживает примеси морской песок (до 68 %), при двухслойной комбинации, содержащей морской песок – до 92,21 %;
- определено, что биошары, керамзит, морской песок, гравий и пластиковая загрузка не влияют на физико-химические показатели воды;
- при фильтровании через электрокорунд выявлено незначительное снижение содержания магния и фосфатов, незначительное повышение карбонатной жесткости и кислородосодержания;
- после применения сульфуголя наблюдается незначительное снижение кислотности и солености;
- при применении биокерамики замечено незначительное повышение кислотности; понижение уровня нитритов и нитратов;
- наиболее заметные изменения в фильтрате замечены при применении в качестве зернистой перегородки цеолитов: снижение нитритов, нитратов и фосфатов; незначительное снижение карбонатной жесткости; незначительное повышение соле- и кислородосодержания; содержания кислотности, кальция и магния;
- значительное повышение температуры морской воды усиливает органолептические свойства, такие как цветность, мутность, запах и привкус;
- подойдут все подобранные нами фильтрующие материалы, в особенности биокерамика, цеолиты и морской песок. Однако сульфуголь придает цветность и мутность морской воде, его использование нами не рекомендуется [9, 12].

Результаты экспериментального исследования качества морской воды по физико-химическим и органолептическим параметрам до и после фильтрования через слои зернистых перегородок позволили закончить поиск вещественно-полевых ресурсов (ВПР).

Выводы

Разработанный алгоритм поиска вещественно-полевых ресурсов (ВПР) позволил определить наиболее эффективные зернистые загрузки при фильтровании морской воды.

Экспериментально определено, что при водоподготовке для технологических нужд на рыбоперерабатывающих предприятиях наиболее целесообразно применение биокерамики $(10,0\div 12,5)\cdot 10^{-3}$ м, цеолитов $(18,0\div 20,0)\cdot 10^{-3}$ м и морского песка $(0,7\div 1,0)\cdot 10^{-3}$ м. Рекомендована комбинация из морского песка, биокерамики и цеолитов.

Список литературы

1. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В. Теория и практика решения изобретательских задач. Кишинев, 1989. 127 с.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач. М. : Сов. радио, 1979. 184 с.
3. ГОСТ Р ИСО 5667.2–93. Качество воды. Отбор проб. Руководство по методам отбора проб. М. : Госстандарт РФ, 1993. 29 с.
4. ГОСТ 17.1.3.08–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод. М. : Госстандарт РФ, 1982. 6 с.
5. ГОСТ Р 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М. : Госстандарт РФ, 2000. 19 с.
6. ГОСТ 17.1.3.07–99. Охрана природы. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. Госстандарт РФ, 1999. 21 с.
7. ГОСТ Р 51641–2000. Материалы фильтрующие зернистые. Общие технические условия. М. : Госстандарт РФ, 2000. 27 с.
8. Инструкция по применению местных зернистых материалов в водоочистных фильтрах. М. : Стройиздат, 1987. 32 с.
9. Крикун А.И. Совершенствование процесса фильтрования воды на рыбоперерабатывающих предприятиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. Владивосток, 2017. 219 с.
10. Крикун А.И. Математическое моделирование процесса фильтрования // Науч. жизнь. 2016. № 12. С. 6–14.
11. Перечень материалов, реагентов и малогабаритных очистных устройств, разрешенных Госкомсанэпиднадзором в Российской Федерации для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения, от 23.10.92 № 01-19/32-11 и Дополнение № 1 Перечень материалов, реагентов и малогабаритных очистных устройств, разрешенных Госкомсанэпиднадзором в Российской Федерации для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения, от 25.12.98 № ДК- 285-111.
12. Фёдорова (Крикун) А.И., Угрюмова С.Д. Исследование процесса фильтрования морской воды для рыбоводных предприятий // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 177. С. 257–267.

Сведения об авторе: Крикун Александра Игоревна, кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: aleksa13@list.ru.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Статья должна соответствовать научным требованиям, быть интересной достаточно широкому кругу российской научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы и содержать очевидный элемент создания нового знания.

За точность воспроизведения имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть от 4 до 12 страниц; текст – в формате А4; наименование шрифта – Times New Roman; размер (кегель) шрифта – 12 пунктов; все поля должны быть 2 см, отступ (абзац) – 1 см, межстрочный интервал – одинарный.

Текст статьи набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Границы таблиц и рисунков должны соответствовать параметрам полей текста. Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в Редакторе MS Word, одним объектом, а не состоять из частей, сами формулы должны быть 12–14 кегля.

Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.tiff. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Допускаются смысловые выделения – полужирным шрифтом.

Статья должна включать следующие данные:

1. Индекс УДК (на первой странице в левом верхнем углу).
2. Инициалы и фамилии всех авторов, через запятую.
3. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс.

Если авторов несколько и они работают в разных учреждениях, возле названия каждого учреждения и фамилии автора ставится соответствующий надстрочный символ.

4. Над фамилиями авторов справа указывается один из следующих разделов сборника:

- **Ихтиология. Экология.**

- **Промышленное рыболовство. Акустика.**

- **Судовые энергетические установки, устройства и системы, технические средства судовождения, электрооборудование судов.**

- **Технология и управление качеством пищевых продуктов.**

- **Технологическое и транспортное оборудование рыбохозяйственной отрасли.**

5. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов). Заголовок набирают полужирными заглавными буквами. В заголовке не допускается употребление сокращений, кроме общепризнанных.

6. Аннотацию (не более 150–250 слов) набирают курсивом.

7. Ключевые слова (не более 9).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы (возможно выделение данных разделов в тексте):

Введение

Объекты и методы исследований

Результаты и их обсуждение

Выводы

9. Список литературы оформляется согласно ГОСТ 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте в квадратных скобках [1, 2, 3].

На английском языке необходимо предоставить следующую информацию (после ключевых слов на русском языке):

- инициалы и фамилии авторов;
- заглавие статьи;
- текст аннотации;
- ключевые слова (Key words);
- подписи к рисункам и названия таблиц (приводятся в тексте по смыслу).

Сведения об авторах приводятся в конце статьи (после списка литературы) и включают в себя: Фамилия, имя, отчество (полностью), научная степень, звание, должность, e-mail.

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MS Word 3 на CD диске, флэш-носителе или отправляется на электронный адрес редакции (nauch-tr@dgtru.ru). Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – Петров А.А.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов.

2. Распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии.

3. Сопроводительное письмо на имя главного редактора сборника на бланке направляющей организации о возможности опубликовать научную статью в сборнике, с подписью руководителя учреждения (заверенной печатью), в котором выполнена работа, или его заместителя (сотрудникам Дальрыбвтуза не требуется сопроводительное письмо).

4. Экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати с гербовой печатью организации.

5. Заявка (Ф.И.О., город, учреждение, название статьи, название рубрики, контактные (рабочий, сотовый) телефоны, дата подачи статьи).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Пример оформления статьи

УДК 123

Ихтиология. Экология

А.А. Иванов¹, И.Б. Петров²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

Аннотация.

Ключевые слова: гидробионты.

Данные на английском языке.

Текст статьи (по ширине страницы) [1, 2, 3].

Список литературы

Сведения об авторах: Иванов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ivanovaa@mail.ru;

Петров Игорь Борисович, кандидат биологических наук, профессор, научный сотрудник, e-mail: petrov@mail.ru.

Адрес: 690087, Россия, Владивосток, ул. Луговая, 52б, каб. 412б

Тел./факс: (4232) 44-11-76 e-mail: nauch-tr@dgtru.ru

сайт: <http://nauch-tr.dgtru.ru>

Научное издание

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ ДАЛЬРЫБВТУЗА

Сборник научных статей

№ 4 2017

Том 43

Свидетельство Роскомнадзора о регистрации
ПИ № ФС77-45533 от 16 июня 2011 г.

Подписной индекс 64553
(каталог агентства «Роспечать»)

Редактор Т.В. Ломакина
Художественный редактор С.П. Конищев
Макет, обложка О.В. Нечипорук
Мастер печати Н.В. Сауцкая

Подписано в печать 15.12.2017. Дата выхода в свет: 22.12.2017.
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 9,50.
Заказ 0666. Тираж 400 экз. (1-й завод 42 экз.). Цена свободная.
Отпечатано: Издательско-полиграфический комплекс Дальневосточного
государственного технического рыбохозяйственного университета
690000, г. Владивосток, ул. Светланская, 27