

Разработка технологии деликатесной подкопченной продукции из тресковых рыб с использованием ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio*

Евгения Б. Шкуратова	¹	shkuratovaeb@yandex.ru
Юлия В. Шокина	¹	shokinayuv@mstu.edu.ru
Вячеслав А. Мухин	²	vmukhin@pinro.ru

¹ Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13 г. Мурманск, 183010, Россия

² Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038, Россия

Реферат. На кафедре технологий пищевых производств Мурманского государственного технического университета разработана технология производства подкопченной рыбной продукции с использованием дымовоздушной смеси, вырабатываемой в инфракрасном дымогенераторе в условиях низкотемпературного пиролиза древесных опилок с начальной влажностью от 40 до 60% и насыпной плотностью от 104 до 154 кг/м³. Способ получения коптильного дыма и его аппаратное оформление позволяют надежно контролировать температуру получения дымовой коптильной среды, что гарантирует минимальное содержание в ней опасных для здоровья человека полиароматических углеводородов (ПАУ). Разработанная технология предусматривает короткий цикл собственного дымового копчения посоленного полуфабриката – рыбного филе и позволяет получать готовую продукцию с прекрасными органолептическими свойствами. При этом содержание ПАУ в готовой продукции менее 0,0002 мкг/кг, что существенно ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) согласно требованиям СанПиН 2.3.2.1078 (менее 0,001 мг/кг продукции) и согласно требованиям ТР ТС 021/2011 (0,005 мг/кг продукции). Данная технология более 10 лет успешно внедрена в производство на рыбоперерабатывающих предприятиях Мурманской области. Однако проведенные маркетинговые исследования показали, что рынок копченой рыбы в Мурманской области отличается узким ассортиментом, характеризуется высоким коэффициентом устойчивости и низким коэффициентом новизны ассортимента, что негативно влияет на потребительский спрос и снижает конкурентоспособность региональных предприятий-производителей копченой продукции. Для решения этой проблемы предложено расширить ассортимент деликатесной рыбной подкопченной продукции за счет использования нетрадиционного для технологии копчения сырья – филе тресковых рыб (сайды, пикши, трески). Для улучшения потребительских свойств готовой продукции, в частности, для улучшения показателя «консистенция» и «сочность» предложено использовать на этапе посола полуфабриката ферментный препарат из гепатопанкреаса краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*), добавляемый в тузлук плотностью от 1,18 до 1,2 г/см³ в дозировке 0,04%, время выдержки полуфабриката в тузлуке 15 минут. Проведено обоснование способа внесения ферментного препарата в тузлук, оптимальной рабочей концентрации препарата в тузлуке, температуры тузлука в процессе посола и длительности выдержки филе тресковых рыб в тузлуке с ферментным препаратом. При оптимизации технологических режимов посола с ферментным препаратом использован метод нечеткого моделирования, реализованный в программной среде MatLab.

Ключевые слова: подкопченная рыба, посол, ферментный препарат, гепатопанкреас краба-стригуна опилио, деликатесные свойства

Development of technology for gourmet smoked products from cod species using enzyme preparation from hepatopancreas of snow crab *Chionoecetes opilio*

Evgenya B. Shkuratova	¹	shkuratovaeb@yandex.ru
Yulia V. Shokina	¹	shokinayuv@mstu.edu.ru
Vyacheslav A. Mukhin	²	vmukhin@pinro.ru

¹ Murmansk state technical university, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia

² Knipovich polar research institute of marine fisheries and oceanography, akademika Knipovicha str, 6, Murmansk, 183038, Russia

Summary. At the Food Production Department of Murmansk State Technical University (MSTU) was developed a technology of production of smoked fish products with the use of air-flue mixture, produced in an infrared smoke generator under conditions of low-temperature pyrolysis of wood chips with an initial moisture content of 40 to 60% and a bulk density of from 104 to 154 kg/m³. A method of producing smoke and its hardware design enabled to securely control the temperature of the smoke receiving smoking environment, which guarantees a minimum content of threat to human health of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). The developed technology involves short cycle smoked salted semi – fish fillets and allows to obtain finished products with excellent

Для цитирования

Шкуратова Е.Б., Шокина Ю.В., Мухин В.А. Разработка технологии деликатесной подкопченной продукции из тресковых рыб с использованием ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 2. С. 126–137. doi:10.20914/2310-1202-2017-2-126-137

For citation

Shkuratova E.B., Shokina Yu.V., Mukhin V.A. Development of technology for gourmet smoked products from cod species using enzyme preparation from hepatopancreas of snow crab *Chionoecetes opilio*. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 126–137. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-2-126-137

organoleptic properties. The content of PAHs in finished products less than 0.0002 microgram/kg, which is significantly below the maximum permissible concentrations (MPC) according to the requirements of SanPiN 2.3.2.1078 (less than 0.001 mg/kg product) and according to the requirements of TR CU 021/2011 (0.005 mg/kg product). This technology successfully implemented in production at fish processing plants in Murmansk region. However, marketing research has shown that the market for smoked fish in the Murmansk region is characterized by a narrow range, which affects consumer demand and reduces the competitiveness of the regional enterprises-manufacturers of smoked products. To solve this problem it is offered to expand the range of smoked fish products due to use of non-traditional Smoking techniques raw materials – fillet of cod fish (saithe, haddock, cod). To improve consumer properties of products, in particular, to improve the indicator of “consistency: and “juiciness” of the proposed use on the stage of the salting of prefabricated enzyme preparation from hepatopancreas of snow crab (*Chionoecetes opilio*), added to brine with density of 1.18 to 1.2 g/cm³ at a dosage of 0.04%, the curing time of the mix in the brine for 15 minutes. When optimizing technological regimes of the salting process with the enzyme preparation we used the method of fuzzy modeling implemented in the MatLab calculating software.

Keywords: smoked fish, salting, enzyme preparation, hepatopancreas of snow crab, *opilio*, specialty properties

Введение

Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года [1] ставит перед рыбной отраслью цель повышения конкурентоспособности и создания условий для импортозамещения в отношении социально значимых продуктов. Достижения этой цели в ближайшее время требует:

— внедрения биотехнологий, технологий замкнутого цикла с более эффективной выработкой целевого продукта, с сокращением потерь сырья, направленного на повышение степени переработки сырья, расширение ассортимента выпускаемой пищевой продукции и решение экологических проблем отрасли;

— внедрения системы интегрального контроля показателей качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов на этапах переработки, транспортирования и хранения.

В контексте решения указанных задач на кафедре «Технологии пищевых производств» Мурманского государственного технического университета разработана технология деликатесного подкопченного рыбного филе повышенной канцерогенной безопасности. Новая технология является усовершенствованным вариантом ранее разработанной там же технологии подкопченной рыбы [2].

Общим для указанных технологий является использование дымовоздушной смеси (ДВС), вырабатываемой инфракрасным дымогенератором усовершенствованной конструкции повышенной энергоэффективности (ИК ДГ-2у-э) [3].

Аппарат позволяет вести процесс дымообразования в условиях низкотемпературного (до 450 °С) пиролиза древесных опилок с развитой удельной поверхностью и высоким начальным влажосодержанием, что обеспечивает получение ДВС с хорошими функционально-технологическими свойствами (оптической плотностью от 0,2 до 0,45 Б, влажосодержанием от 55 до 65% и температурой на выходе из дымогенератора в широком диапазоне) и минимальным содержанием канцерогенных полиароматических углеводов [3].

Ранее [2] проведенным исследованием подкопченной рыбы, изготовленной по схеме дымового копчения коротким циклом (от 6 до 8 часов – до набора необходимых органолептических свойств) ДВС от ИК ДГ-2у-э, определено содержание в ней 3,4-бензпирена. Эксперименты показали, что массовая доля этого соединения в продукции составляет менее 0,0002 мкг/кг, что на порядки меньше ныне действующих ПДК, установленных нормативными актами Российской Федерации – СанПиН 2.3.2.1078 (менее 0,001 мг/кг) [5] и ТР ТС 021/2011 (менее 0,005 мг/кг) [6], и подтверждает ее высокую канцерогенную безопасность.

С учетом этого, расширение ассортимента безопасной рыбной продукции массового потребления с улучшенными органолептическими свойствами на основе использования нетрадиционных для копчения видов рыбного сырья, а также применения ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* для улучшения консистенции готовой продукции [4], представляет собой актуальную цель проведенного исследования.

Материалы и методы

В качестве сырья предложено использовать филе тресковых рыб – трески атлантической, сайды и пикши, характеризующееся весьма низкой массовой долей жира (около 1,0%).

Целесообразность такого решения обоснована по результатам проведенного маркетингового исследования, в ходе которого был оценен рынок региональной розничной торговли (г. Мурманск и область), а также изучены потребительские предпочтения в отношении изучаемой категории рыбных товаров – копченой рыбы. В ходе исследования были применены общепринятые методы – полевые исследования рынка на базе предприятий розничной торговли – супер- и гипермаркетов крупных торговых сетей («О'кей», «Евророс», «Лента», «Магнит», «Семья», «Спар», «Твой», «Пятерочка», представленных в регионе; опрос потребителей в форме письменного анкетирования [7].

За период наблюдений – с января 2016 года по январь 2017 года – безусловными лидерами розничного регионального рынка копченой рыбы с совокупной долей более 60% являются два вида продукции – сельдь атлантическая неразделанная холодного копчения и скумбрия обезглавленная потрошенная холодного копчения. На все остальные наименования товаров в ассортиментной группе «копченая рыба», учитывающие разнообразие видов разделки, особенностей обработки (с учетом подкопченной продукции, продукции холодного и горячего копчения, в том числе замороженной для продления срока годности) приходится менее 40%.

Величина коэффициента новизны ассортимента для товарной группы «копченая рыба» составляет менее 0,2 за период наблюдения, а коэффициент устойчивости – более 0,8 за тот же период, что свидетельствует о слабой обновляемости и чрезвычайной узости ассортимента копченой рыбы в регионе.

Письменное анкетирование потребителей показало, что именно узость ассортимента копченых рыбных товаров является сегодня основным фактором, вызывающим недовольство потенциальных покупателей и сдерживающим потребительский спрос на эти товары в регионе. Кроме того, существенно снижается конкурентоспособность малых рыбоперерабатывающих предприятий, на которых в основном сосредоточено копильное производство [8].

При этом в Мурманской области имеются не используемые в полной мере возможности для вовлечения широкого перечня добываемого рыбного сырья в производство копченой продукции [9].

В связи с этим использование нетрадиционного для производства копченой рыбы сырья – филе тресковых рыб после обработки ферментным препаратом для улучшения органолептических свойств готовой продукции, прежде всего, для получения сочной и нежной консистенции, характерной для продукции холодного копчения из сельди и скумбрии, представляется обоснованным и целесообразным.

Среди ФП, используемых для стимулирования созревания слабосозревающих рыб, известны препараты микробного (например, на основе культур *Bacillus subtilis*), животного происхождения и препараты, получаемые из внутренностей рыб. К последним относится широко известный ФП «Океан» из внутренних органов сельди, скумбрии, балтийской кильки и др., являющихся отходами консервного производства, разработанный в АтлантНИРО [10].

Применение в качестве стимулирования созревания ФП микробиологического происхождения и препаратов из тканей теплокровных животных чаще всего способствует появлению лишь признаков созревания и не обеспечивает в полной мере формирования «букета» созревшей рыбы [11].

Перспективным направлением представляется использование ФП, получаемых из пищеварительных органов морских беспозвоночных, которые являются отходами промысла и переработки, и используются лишь частично [12]. Подобные препараты могут быть использованы, в частности, в пищевой промышленности для получения белковых гидролизатов [13] или для созревания слабосозревающей продукции из гидробионтов [14].

Краб-стригун *Chionoecetes opilio*, как и камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* является промысловым видом ракообразных, но способ комплексной переработки отходов от разделки крабов разработан только для последнего.

Как отмечалось выше, внутренние органы беспозвоночных практически не используются, хотя по массе могут составлять до 90% от объема вылова и быть довольно дешевым сырьем для получения высокоактивных ФП.

В качестве материала для получения ФП предложено использовать гепатопанкреас краба *Chionoecetes opilio*, выловленного в водах Баренцева моря (рисунок 1).



Рисунок 1. Краб-стригун *Chionoecetes opilio*
Figure 1. Crab Stringer *Chionoecetes opilio*

Замороженное сырье хранили при температуре минус 25 °С. Гомогенизацию проводили в несколько этапов – трехкратно замораживали (до температуры в центре минус 20 °С) и затем дефростировали (до температуры в центре 5 °С) с предварительным измельчением тканей на гомогенизаторе. Порошковые ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна получали путем осаждения белковых веществ трехкратным промыванием чистым холодным ацетоном. На рисунке 2 представлена технологическая схема получения ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна.

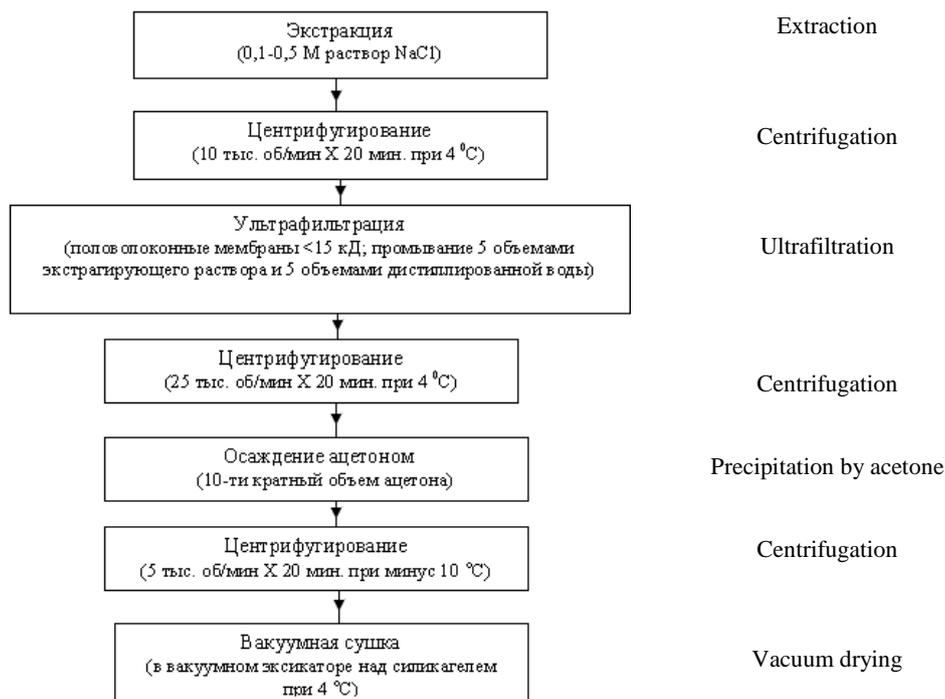


Рисунок 2. Технологическая схема выделения и очистки комплекса протеиназ из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoectes opilio*

Figure 2. Technological scheme of isolation and purification of a complex of proteinases from hepatopancreas of snow crab *Chionoectes opilio*

Получаемый порошкообразный ФП имеет молочный цвет.

Присутствие протеолитической активности в ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна было зафиксировано в той или иной степени при всех значениях pH [15], что не противоречит литературным данным в отношении ФП из гепатопанкреаса камчатского краба [16].

Препарат проявляет максимальную протеолитическую активность в нейтральной и слабощелочной зоне pH (от 7,0 до 8,5) с пиком активности при pH 7 и температуре инкубации 50 °С (температурный оптимум). При кислых значениях pH (от 2,5 до 4,0) активность препарата составляет порядка от 7,0 до 16,0% от максимально проявляемой активности. При повышении температуры инкубационной среды свыше 60 °С отмечается снижение активности, что, вероятно, обусловлено температурной денатурацией ферментов. Отдельно следует отметить присутствие некоторой активности протеиназ ФП при температуре от 5 до 15 °С, при pH равном 7.

С точки зрения технологии и микробиологического контроля, присутствие активности ФП при низких значениях температур (от 5 до 15 °С) представляется практичным, поскольку позволяет значительно замедлить развитие микрофлоры, в том числе и патогенной.

Разработанная технология деликатесного подкопченного рыбного филе тресковых рыб включает в себя основные стадии технологии подкопченной рыбы (рисунок 3, сплошная линия) [4] и новые операции, связанные с использованием ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoectes opilio* (рисунок 3, пунктирная линия).

К основным технологическим параметрам посола, влияющим на органолептические свойства готового продукта и его сохранность, относятся – концентрация ФП в тузлуке и длительность посола [14]. Остальные параметры технологического процесса, в том числе параметры посола приняты на основе действующей ТИ к ТУ 9263-003-00471633-06 «Рыба подкопченная. Технические условия». Температура тузлука составляла 13 ± 2 °С, плотность тузлука – от 1,18 до 1,20 г/см³, соотношение солевого раствора и рыбного филе – не менее 2:1, высота слоя филе в посольной емкости – не более 0,8 м. Во время просаливания филе периодически перемешивали с тузлуком для обеспечения равномерного распределения соли по толщине филе.

Подкапчивание филе проводили в копильной камере после подсушки ДВС, вырабатываемой ИК ДГ-2у(э). Температура ДВС составляла от 24 до 26 °С, относительная

влажность – от 55 до 60%. Продолжительность обработки филе в копильной камере составляла от 6 до 8 часов – до набора требуемых

органолептических показателей (внешний вид и цвет поверхности филе).

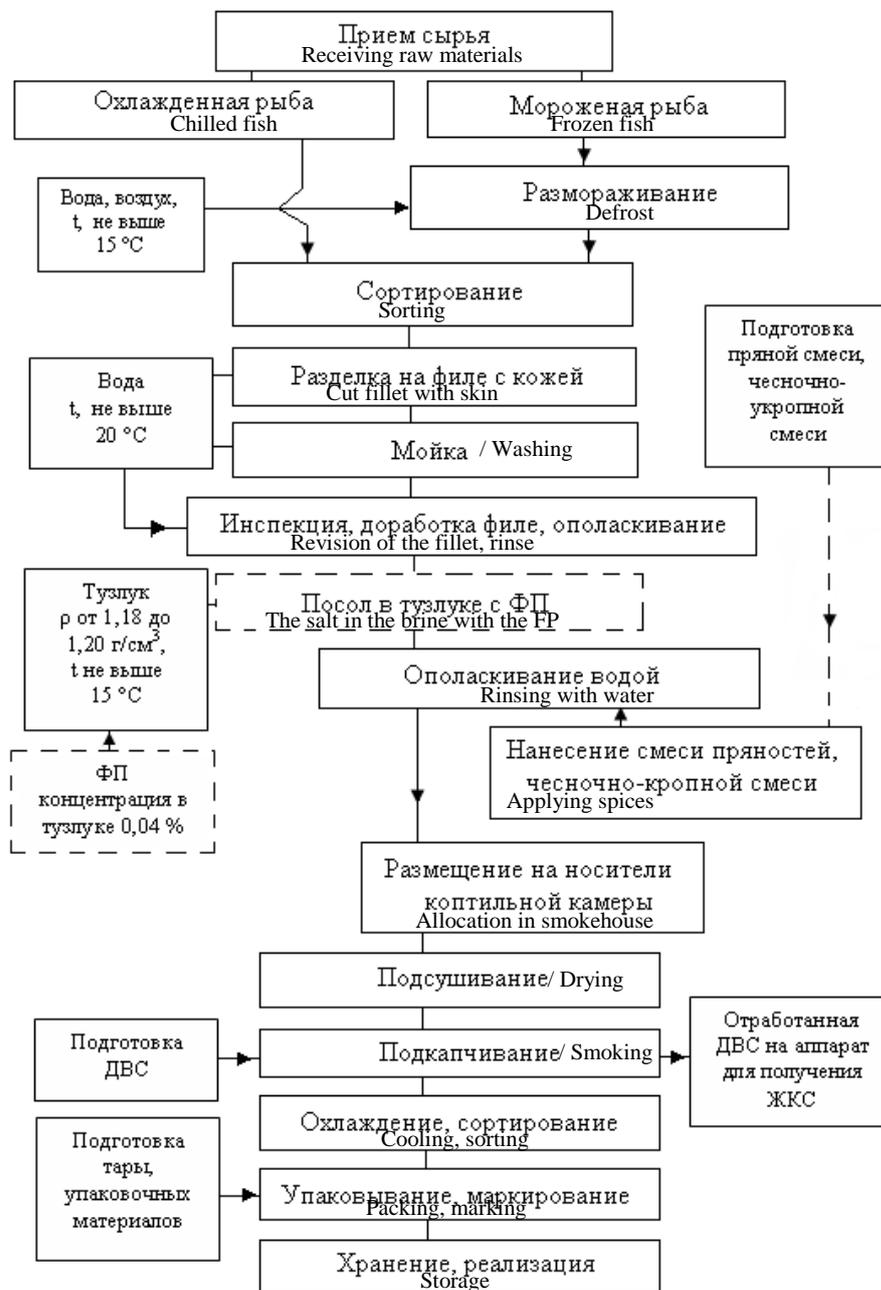


Рисунок 3. Технологическая схема изготовления деликатесного подкопченного филе тресковых рыб с использованием ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio*

Figure 3. Technological scheme of production of gourmet lightly smoked fillet of cod fish with the use of FP from hepatopancreas of snow crab *Chionoecetes opilio*

Оптимизацию технологических параметров посола проводили с использованием метода нечеткой логики в программной среде MatLab [17]. Этот метод идеально подходит для анализа процесса при помощи математического аппарата, в случае, когда оценка экспериментальных

данных (а именно, органолептических свойств подкопченного филе) не может быть абсолютно объективно представлена в явной числовой форме и носит субъективный характер.

Применение системы нечёткого вывода включало ряд процедур подготовки и обработки данных [17]:

1. планирования и постановки экспериментальных исследований;

2. обработки массива экспериментальных данных для формулирования правил работы системы. На данном этапе использована программа Clustering, входящая в пакет MatLab, которая обеспечивает кластеризацию набора экспериментальных данных с выявлением чётких кластеров, используемых для формулировки правил функционирования системы;

3. построение системы с использованием модуля Fuzzy Logic Toolbox, входящего в пакет MatLab.

Влияющими факторами определены: концентрация ФП в тузлуке, % (первая входная переменная поименована как «concentraciya», интервал варьирования в ходе экспериментов от 0,02% до 0,06% с шагом 0,01%); длительность выдержки (посола) филе в тузлуке с ФП, мин (вторая входная переменная поименована как «vremya», интервал варьирования в ходе экспериментов от 10 до 20 минут с шагом в 2,5 минуты).

В качестве функции отклика принята органолептическая оценка деликатесного подкопченного филе тресковых рыб по разработанной 5-тибалльной шкале (третья выходная переменная поименована как «organoleptica»). Желательный диапазон этой оценки по результатам предварительных экспериментов ограничен от 3,5 до 5 баллов, что полностью соответствует требованиям разработанного проекта ТУ «Филе тресковых рыбы подкопченное деликатесное. Технические условия». Критерием оптимизации принято достижение максимально возможной органолептической оценки готовой продукции для выбранных диапазонов значений влияющих факторов.

Для лингвистической оценки всех трех переменных использованы 5 термов с симметричными гауссовскими функциями принадлежности [17].

Для оценки первой входной переменной использованы соответственно 5 наименований термов уровня концентрации ФП – «nizkiy», «neochennizkiy», «sredniy», «neochervisokiy» и «visokiy», соответствующие «низкому» (0,02%), «не очень низкому» (0,03%), «среднему» (0,04%), «не очень высокому» (0,05%) и «высокому» (0,06%) уровню концентрации.

Для оценки второй входной переменной использованы соответственно наименования термов длительности посола – «malo», «neochenmalo», «srednie», «neochendolgo» и «dolgo», соответствующие «малой» (10 минут), «не очень малой» (12,5 минут), «средней» (15 минут), «не очень долгой» (17,5 минут) и «долгой» (20 минут) длительности процесса.

Для оценки третьей выходной переменной использованы соответственно наименования термов обозначающих уровень органолептической оценки готовой продукции – «ocennegatelnyy», «neocennegativniy», «yдовлетvoritelnyy», «normalniy» и «ochengelatelnyy», соответствующие «очень нежелательной» (3,5 балла), «не очень желательной» (3,875 балла), «удовлетворительной» (4,25 балла) «нормальной» (4,625 балла) и «очень желательной» (5 баллов) оценке (градация условна – для выбранного и субъективно наиболее желательного диапазона значений органолептической оценки продукции).

На основе экспериментальных данных и сенсорного анализа изготовленных образцов подкопченного филе трески атлантической сформулированы следующие 15 правил:

1. если концентрация ФП «средняя», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 1;

2. если концентрация ФП «не очень высокая», то органолептика «не очень желательная» с весомостью правила 0,9;

3. если концентрация ФП «высокая», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 1;

4. если длительность посола с ФП «средняя», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 1;

5. если длительность посола с ФП «малая», то органолептика «не очень желательная» с весомостью правила 1;

6. если длительность посола с ФП «долгая», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 1;

7. если длительность посола с ФП «не очень малая», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 0,9;

8. если длительность посола с ФП «не очень долгая», то органолептика «нормальная» с весомостью правила 0,9;

9. если концентрация ФП «высокая» и длительность посола с ФП «не очень малая», то органолептика «не очень желательная» с весомостью правила 0,8;

10. если концентрация ФП «низкая» и длительность посола с ФП «не очень малая», то органолептика «не очень желательная» с весомостью правила 0,8;

11. если концентрация ФП «средняя» и длительность посола с ФП «не очень малая», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 0,8;

12. если концентрация ФП «низкая», то органолептика «очень нежелательная» с весомостью правила 1;

13. если концентрация ФП «не очень низкая», то органолептика «очень нежелательная» с весомостью правила 0,8;

14. если концентрация ФП «высокая» и длительность посола с ФП «малая», то органолептика «не очень желательная» с весомостью правила 1,0;

15. если концентрация ФП «не очень низкая» и длительность посола «не очень малая», то органолептика «удовлетворительная» с весомостью правила 0,8.

Результаты и обсуждение

На рисунке 4 приведена визуализация нечёткого логического вывода при моделировании

процесса посола филе трески с ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio*. Из рисунка видно, что максимальная возможная органолептическая оценка подкопченного филе в 4,25 балла достигается при посоле в тузлуке с концентрацией ФП 0,04% в течение 15 минут.

В программном пакете Matlab результаты моделирования удобно представлять в графическом виде – в виде поверхности отклика, четко демонстрирующей наличие максимума. Для оптимизации технологических параметров процесса посола филе трески атлантической с ФП результаты представлены на рисунке 5.

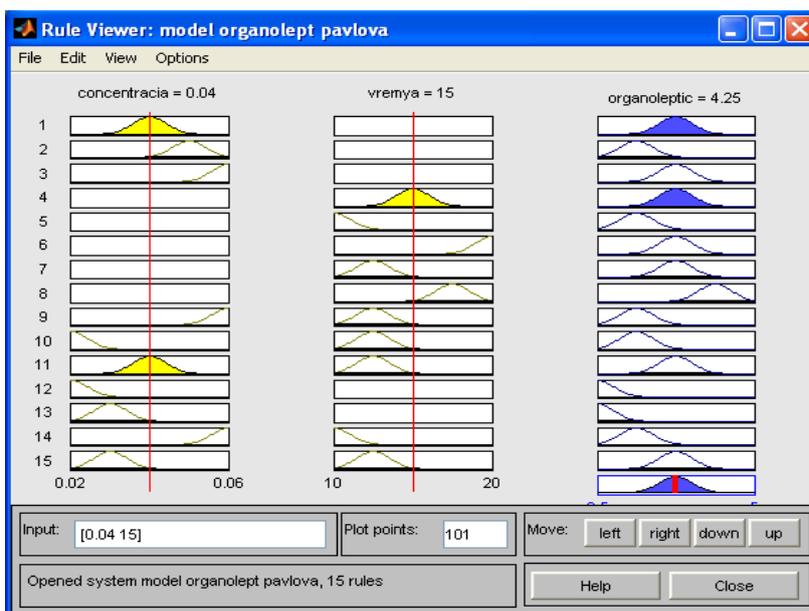


Рисунок 4. Визуализация нечеткого вывода (в Rule Viewer MatLab)

Figure 4. Visualization of fuzzy inference (Rule Viewer MatLab)

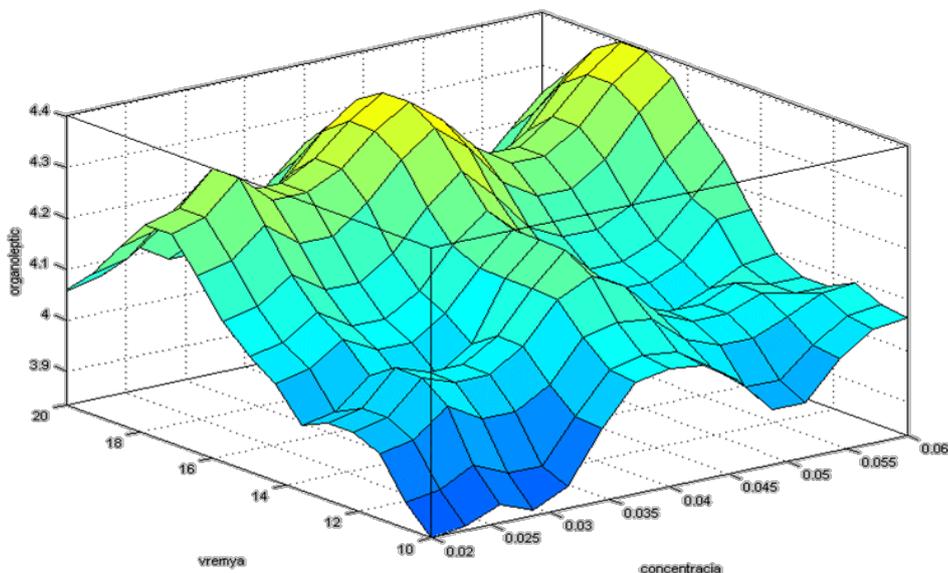


Рисунок 5. Поверхность отклика (Surface Viewer) для модели процесса посола филе трески атлантической с ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio*

Figure 5. The surface response (Surface Viewer) for the model of the process of salting cod fillet Atlantic with AF from hepatopancreas of snow crab *Chionoecetes opilio*

Дальнейшие исследования проводили с целью изучить биохимические изменения в деликатесном филе тресковых рыб в процессе хранения и предварительно обосновать срок годности продукции.

Опытные партии продукции, упакованной в пакеты из полимерных материалов (без вакуума) хранили при температуре от 4 до 6 °С (основной температурный режим). Длительность исследования составила 26 суток с учетом предполагаемого срока годности 20 суток с коэффициентом запаса 1,3 согласно требованиям МУК 4.2.1847-04.4.2.

График исследований биохимических и микробиологических изменений продукции составлен с учетом требований МУК 4.2.1847-04.4.2 и представлен в таблице 1.

Таблица 1.

График исследований по гигиеническому обоснованию сроков годности деликатесного подкопченного филе тресковых рыб

Table 1.

The schedule of the research on the hygienic substantiation of the shelf life of delicatessen smoked fillet cod fish

Предполагаемый срок годности (The estimated shelf life)	Периодичность контроля – контрольные точки проведения исследований (The frequency of the control – checkpoint research)			
	сутки хранения (day of storage)			
20	0	10	20	26

В перечень исследуемых включены показатели, характеризующие биохимические изменения, формирующих потребительские свойства готовой продукции (таблица 2).

Приведенные в таблице 2 показатели определяли следующими методами:

– органолептические показатели – по разработанной 5-тибалльной шкале в ходе расширенных дегустаций опытных партий подкопченной продукции, изготовленной в лаборатории современных технологий переработки гидробионтов кафедры технологий пищевых производств МГТУ;

– показатель аминного азота (АА, мг%) – методом формольного титрования водной вытяжки из продукта после осаждения в ней белков 20%-ной трихлоруксусной кислотой (ТХУ); за окончательный результат испытания принимали среднее арифметическое значение результатов трех параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не превышали 0,2%, вычисление проводили до третьего десятичного знака;

– показатель общего азота (ОА, %) и небелкового азота (НБА, %) – методом Кьельдаля на аппарате Selecta Bloc Digest и на установке Pro-Nitro А, перед минерализацией в пробе на НБА – водной вытяжке из продукта – проводилось осаждение белков 20%-ной ТХУ с последующей фильтрацией;

– показатель водоудерживающей способности (ВУС, %) – прессовым методом;

– показатель усилия резания (УР, г) – на приборе «Food Checker» рабочий орган – нож, глубина проникновения индентора 10 мм, сечение образца по величине нагрузки 10 мм;

– водородный показатель (рН) – в водной вытяжке из продукта потенциометрически с помощью рН-метра; за окончательный результат показателя принимали среднее арифметическое значение результатов трех параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не превышали 0,1 рН.

Таблица 2.

Перечень исследуемых показателей, характеризующих биохимические и микробиологические изменения в готовой продукции (деликатесном подкопченном филе тресковых рыб)

Table 2.

The list of studied indicators of biochemical and microbiological changes in the finished product (delicious lightly smoked fillet of cod fish)

Показатель Indicator	Сутки хранения Day of storage			
	0	10	20	26
Органолептические показатели Organoleptic indicators				
Внешний вид Appearance	+	+	+	+
Аромат копчения The smoke flavor	+	+	+	+
Вкус Taste	+	+	+	+
Консистенция Consistency	+	+	+	+
Биохимические показатели Biochemical indicators				
АА, мг %	+	+	+	+
НБА, %	+	+	+	+
рН	+	+	+	+
Дополнительные показатели Additional indicators				
Усилие резания (Cutting force), г	+	+	+	+
ВУС, %	+	+	+	+

Для большей наглядности результаты исследований представлены в виде графиков на рисунках 6–10.

Одним из основных технологических эффектов копчения, как известно, является консервирующий эффект, антипротеолитическое действие которого обусловлено непосредственным воздействием фенолов в составе копильной среды на ферменты (тканевые, ферментные комплексы), ведущим к замедлению автолитических процессов в продукте.

Механизм этого эффекта обусловлен взаимодействием копильных компонентов (фенольных, карбонильных и др.) с белками продукта и белками-ферментами. Результатом такого взаимодействия является недоступность белков для малоактивных ферментов. Кислоты копильной среды, сдвигая рН продукта в кислую зону, также способствуют частичной денатурации ферментов, в результате чего протеолиз и накопление его продуктов замедляется или приостанавливается [2].

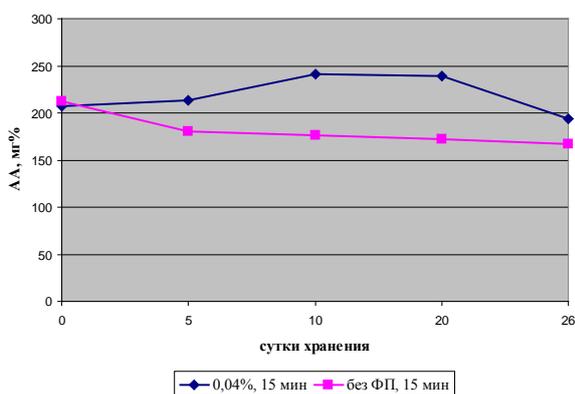


Рисунок 6. Изменение показателя АА трески атлантической филе подкопченного в процессе хранения

Figure 6. Index AA smoked Atlantic cod fillets during storage

Степень формирования в продукте антипротеолитического эффекта копчения количественно определяется по значениям показателя АА.

На рисунке 6 представлены кривые, описывающие изменение содержания АА в готовой продукции «Треска филе подкопченное» в процессе хранения, изготовленной без использования ФП (контроль) и с использованием ФП в оптимальной дозировке и при оптимальной длительности посола полуфабриката. В случае посола с ФП наблюдался рост показателя с 5-х по 20-е сутки хранения, что свидетельствует об активном протеолизе белков, способствующем процессу созревания готовой продукции и, как следствие этого, формированию ее более нежной и сочной консистенции. В контрольном образце наблюдалось плавное снижение показателя АА в течение всего процесса хранения,

коррелирующее с постепенно убывающей оценкой экспертами показателя «консистенция» готовой продукции от «жесткой» до «суховатой» и снижением (рисунок 7).

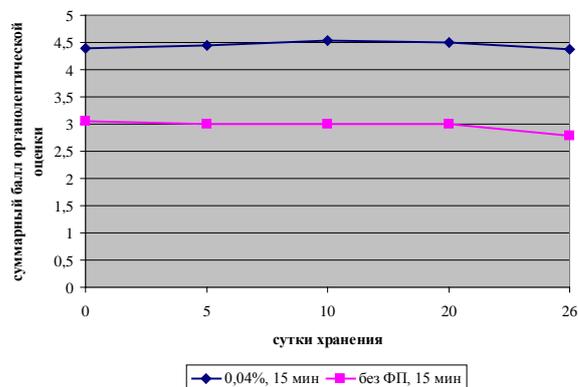


Рисунок 7. Изменение органолептической оценки трески атлантической филе подкопченного в процессе хранения (температура от 4 до 6 °С, упаковано в полимерный пакет без вакуума)

Figure 7. The change in the organoleptic evaluation of smoked Atlantic cod fillets during storage (temperature from 4 to 6 °C, Packed in plastic package without vacuum)

Отношение НБА/ОА, которое может быть обозначено как коэффициент белкового состояния (по М.Д. Ильину) отображено на рисунке 8. С учетом примерно одинаковой массовой доли АА в исследуемом и контрольном образцах продукции вначале процесса хранения, а также с учетом имеющегося различия в темпе нарастания отношения НБА/ОА в течение первых 10-ти суток хранения, как и существенной разницы в значении этого показателя вначале хранения образцов продукции, можем заключить, что на величину НБА/ОА влияют азотистые соединения, не связанные с протеолизом. После 10-х суток хранения, темп нарастания и количественное содержание показателя НБА/ОА в исследуемом и контрольном образцах практически совпадают.

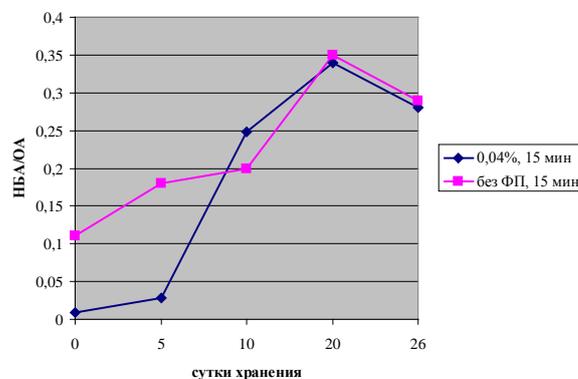


Рисунок 8. Изменение показателя НБА/АО трески атлантической филе подкопченного в процессе хранения

Figure 8. Index NBA/JSC smoked Atlantic cod fillets during storage

Интенсивное формирование антипротеолитического эффекта и замедление эффекта созревания в контрольном образце продукции, изготовленном без использования ФП, на что указывает высокий показатель рН продукта (рисунок 9), негативно влияет на его органолептическую оценку (суммарный балл органолептической оценки по пятибалльной шкале составил всего 3,06 балла с учетом весомости показателей).

Противоположную картину наблюдаем в исследуемом образце, изготовленном при оптимальных режимах посола – более активный протеолиз с участием ФП ведет к накоплению кислых продуктов, способствующих сдвигу рН в кислую область (рисунок 9). При этом суммарный балл органолептической оценки продукции по пятибалльной шкале составил 4,39.

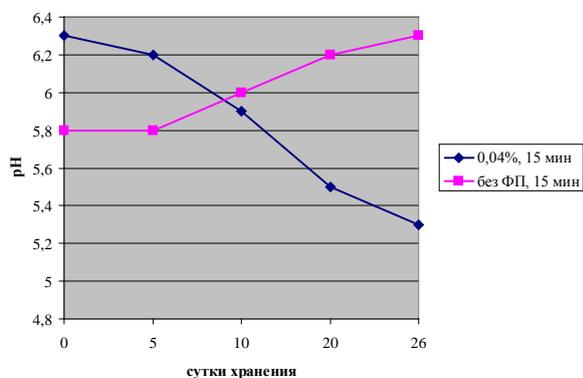


Рисунок 9. Изменение показателя рН трески атлантической филе подкопченного в процессе хранения
Figure 9. The change in pH smoked Atlantic cod fillets during storage

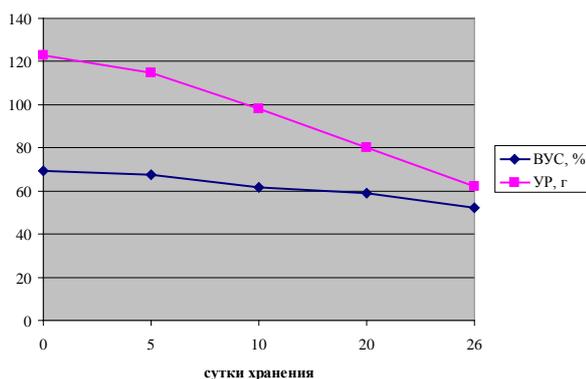


Рисунок 10. Изменение показателей ВУС и УР трески атлантической филе подкопченного в процессе хранения
Figure 10. The change in performance of the MAS and UR smoked Atlantic cod fillets during storage

Однако диффундирование кислот копильной среды в рыбное филе от поверхностных слоев во внутренние, начавшееся в процессе копчения и продолжающееся в процессе хранения, способствует сдвигу рН в кислую сторону,

вызывая к завершению хранения – в период с 20-х по 26-е сутки – денатурацию белков и, как следствие, торможение процесса гидролиза, что согласуется с полученными данными по АА (рисунок 6).

Объективным параметром, отражающим изменение консистенции и меру созревания подкопченного филе, является ВУС. Другим показателем, позволяющим также объективно оценивать консистенцию продукта, служит УР. На рисунке 10 представлены кривые, описывающие изменение этих параметров в процессе хранения для продукции.

Обобщая результаты проведенных исследований, приходим к однозначному выводу о положительном влиянии ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoectes opilio* на процесс созревания полуфабриката филе тресковых рыб, традиционно считающихся слабосозревающими, как на этапе посола, так и на этапе хранения подкопченной продукции. Диффузия компонентов копильной среды в продукт, продолжающаяся в процессе хранения [2], позволяет с ростом их концентрации во внутренних слоях продукта, предохранять его от перезревания, блокируя активность ферментов. При этом наблюдается существенное улучшение оценки показателя «консистенция» подкопченного рыбного филе из тресковых рыб, что служит основанием для характеристики его как деликатесной продукции.

Опытная партия продукции «Треска атлантическая филе подкопченное деликатесное», изготовленная по разработанной технологии, была представлена на Международной рыбопромышленной выставке «Море. Ресурсы. Технологии-2016», где была удостоена диплома победителя дегустационного конкурса и получила высокую оценку специалистов.

Выводы

1. Разработана технология деликатесной подкопченной продукции из нетрадиционного для производства копченой рыбы сырья – филе тресковых рыб (трески атлантической, пикши, сайды).

2. Предложен способ достижения деликатесных органолептических свойств готовой продукции за счет значительного улучшения оценки показателя «консистенция» путем активизации процесса созревания рыбного филе на этапе посола полуфабриката при добавлении в тузлук ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoectes opilio*.

3. Оптимизированы с применением метода нечеткой логики параметры посола полуфабриката – филе малосозревающих тресковых рыб. Достоверно установлено, что максимальную

органолептическую оценку готовой продукции обеспечивает посол филе в тузлуке плотностью от 1,18 до 1,20 г/см³ с добавлением ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в количестве, обеспечивающим концентрацию последнего в тузлуке на уровне 0,04%. Оптимальные температурный режим посола – 13±2 °С, длительность – 15 минут.

4. Исследованы биохимические изменения в готовой продукции на этапе хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. № 559-р) <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70067828>

2 Шокина, Ю.В. Научно-практические основы получения копильных сред с использованием энергии ИК-излучения и применения их в технологии переработки водного сырья // Автореф. дис... докт. техн. наук, Мурманск: МГТУ, 2011. 39 с.

3 Пат. РФ № 2280367 Устройство для получения дыма с использованием энергии ИК-излучения и водяного пара / Ершов А.М., Шокина Ю.В., Обухов А.Ю. Опубл. 27.01.2006. Бюл. № 21. 6 с.

4 Siikavuopio S.I. и др. Holding wild Snow crab, *Chionoecetes opilio*: effects of stocking density and feeding on survival and injury // *Aquaculture Research*. 2017. Т. 48. № 4. С. 1590-1595.

5 СанПиН 2.3.2.1078–01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов санитарно-гигиенические правила и нормативы. <http://docs.cntd.ru/document/901806306>.

6 ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции Технический регламент Таможенного союза. <http://rotest.net/wp-content/uploads/2014/10/TR-TS-021-2011-O-bezopasnosti-pishevoy-produktzii.pdf>.

7 Светуных С.Г. Методы маркетинговых исследований. Учебное пособие. СПб.: ДНК, 2003. 352 с.

8 Рыбокомбинаты, рыбоперерабатывающие предприятия в Мурманской области статистический обзор. http://fishretail.ru/litecat/rybokombinaty_v_Murmanskoy_oblasti.

9 Баренцево море – рыбная сокровищница России аналитический обзор. https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/57410.html.

10 Аргюхова С.А., Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов / под ред. А.М. Ершова, Москва, Колос, 2010. 1064 с.

11 Виннов А.И., Бесштанковская Т.И. Виннов А.И. Получение протеолитических ферментных препаратов – созревателей из отработанных тузлуков // *Продовольча індустрія АПК*. 2011. № 2 (10). С. 20–23.

12 Jun J. Y. и др. Postmortem changes in physicochemical and sensory properties of red snow crab (*Chionoecetes japonicus*) leg muscle during freeze storage // *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2017. Т. 20. № 1. С. 13.

13 Kim B. M. и др. The quality characteristics and processing of fish paste containing red snow crab *Chionoecetes japonicus* leg-meat powder // *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2016. Т. 49. № 1. С. 1-6.

5. Изучено изменение отдельных реологических характеристик готовой продукции на этапе хранения.

6. На основе проведенных исследований предварительно обоснован срок годности продукции – 20 суток при температуре от 4 до 6 °С.

Дальнейшие исследования будут направлены на гигиеническое обоснование срока годности разработанной продукции и определение оптимальных режимов ее хранения.

14 Joseph F. R. S. и др. Shell disease in the Freshwater crab, *Barytelphusa cunicularis* // *Int J Fish Aquat Stud*. 2014. Т. 1. С. 105-110.

15 Мухин В.А. Особенности пищеварительной функции протеиназ беспозвоночных – обитателей холодных морей // *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2007. Т. 43. № 5. С. 398–403.

16 Kaur S., Dhillon G. S. Recent trends in biological extraction of chitin from marine shell wastes: a review // *Critical reviews in biotechnology*. 2015. Т. 35. № 1. С. 44-61.

17 Мухин В.А., Лыжов И.И. Влияние температуры и pH на активность протеиназ из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* // *Журнал Рыбное хозяйство*. 2013. № 3. С. 105–107.

18 Муратова Е.И., Толстых С.Г., Дворецкий С.И., Зюзина О.В., Леонов Д.В. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания, Тамбов, Изд-во ТГТУ, 2011. 80 с.

REFERENCES

1 Strategy of development of food and processing industry of the Russian Federation for the period up to 2020 (approved by the government. decree of the Government of the Russian Federation of April 17, 2012 № 559-R) <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70067828> (in Russian)

2 Shokina, J.V. Scientific and practical basics of smoking environments with use of the energy of infrared radiation and their application in processing technology of sea products, Abstract on PhD thesis, Murmansk: MSTU. 2011. 39 p.

3 Pat. 2280367 RF, A device for producing smoke using the energy of infrared radiation and water vapor. Ershov A.M., Shokina J.V., Obukhov A.Y., 27.01.2006, 6 p (in Russian)

4 Siikavuopio S. I. et al. Holding wild Snow crab, *Chionoecetes opilio*: effects of stocking density and feeding on survival and injury. *Aquaculture Research*. 2017. vol. 48. no. 4. pp. 1590-1595.

5 SanPiN 2.3.2.1078–01 Hygienic requirements for safety and nutritional value of foods sanitary-hygienic rules and regulations. <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (in Russian)

6 TR CU 021/2011 On safety of food products Technical regulations of the Customs Union. <http://rotest.net/wp-content/uploads/2014/10/TR-TS-021-2011-O-bezopasnosti-pishevoy-produktzii.pdf> (in Russian)

7 Svetun'kov S.G. Metody marketingovykh issledovaniy. [Methods of marketing research. Textbook]. St Petersburg: DNK, 2003. 352 p. (in Russian).

8 Fish factories, fish processing companies in Murmansk region a statistical overview. http://fishretail.ru/litecat/rybokombinat_v_Murmanskoy_oblasti

9 The Barents sea fisheries: treasures of Russia an analytical review. https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/57410.html (in Russian)

10 Artyukhova S.A., Tekhnologiya ryby i rybnykh produktov: uchebnyk dlya vuzov [Technology of fish and fish products: textbook for universities, ed. by A. M. Ershov.]. Moscow, Kolos, 2010. 1064 p. (in Russian).

11 Vinnov A.I., Besshtankovskaya T.I. Vinnova. And getting a proteolytic enzyme products – sozrevateley from spent tuzlukov. *Prodovol'cha industriya APK* [Food industry APK]. 2011. no. 2 (10). pp. 20–23. (in Russian).

12 Jun J. Y. et al. Postmortem changes in physicochemical and sensory properties of red snow crab (*Chionoecetes japonicus*) leg muscle during freeze storage. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2017. vol. 20. no. 1. pp. 13.

13 Kim B. M. et al. The quality characteristics and processing of fish paste containing red snow crab *Chionoecetes*

japonicus leg-meat powder. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2016. vol. 49. no. 1. pp. 1-6.

14 Joseph F. R. S. et al. Shell disease in the Freshwater crab, *Barytelphusa cunicularis*. *Int J Fish Aquat Stud*. 2014. vol. 1. pp. 105-110.

15 Mukhin V.A. Peculiarities of digestive function of proteinases in invertebrates – inhabitants of cold seas. *Zhurnal evolyutsionnoi biokhimii i fiziologii* [Journal of evolutionary biochemistry and physiology]. 2007. vol. 43. no. 5. pp. 398–403. (in Russian).

16 Siikavuopio S. I. et al. Holding wild Snow crab, *Chionoecetes opilio*: effects of stocking density and feeding on survival and injury. *Aquaculture Research*. 2017. vol. 48. no4. pp. 1590-1595.

17 Muratova E.I., Tolstykh S.G., Dvoretiskii S.I., Zyuzina O.V., Leonov D.V. Avtomatizirovannoe proektirovanie slozhnykh mnogokomponentnykh produktov pitaniya [Automated design of complex multi-component food products]. Tambov, TGTU, 2011. 80 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения Б. Шкуратова старший преподаватель, Естественно-технологический институт, кафедра биохимии и микробиологии, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13 г. Мурманск, 183010, Россия, shkuratovaeb@yandex.ru

Юлия В. Шокина д. т. н., профессор, Естественно-технологический институт, кафедра технологий пищевых производств, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13 г. Мурманск, 183010, Россия, shokinayuv@mstu.edu.ru

Вячеслав А. Мухин д. б. н., заведующий лабораторией, лаборатория биохимии и технологии, Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038, Россия, vmukhin@pinro.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгения Б. Шкуратова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Юлия В. Шокина консультация в ходе исследования

Вячеслав А. Мухин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.02.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.04.2017

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenya B. Shkuratova senior lecturer, Institute of natural science and technology, microbiology and biochemistry, Murmansk state technical university, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia, shkuratovaeb@yandex.ru

Yulia V. Shokina doctor of the technical sciences, professor, Institute of natural science and technology, food production technology department, Murmansk state technical university, Sportivnaya str., 13, Murmansk, 183010, Russia, shokinayuv@mstu.edu.ru

Vyacheslav A. Mukhin doctor of the biological sciences, head of the laboratory, biochemistry and technology laboratory, Knipovich polar research institute of marine fisheries and oceanography, Akademika Knipovicha str, 6, Murmansk, 183038, Russia, vmukhin@pinro.ru

CONTRIBUTION

Evgenya B. Shkuratova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Yulia V. Shokina consultation during the study

Vyacheslav A. Mukhin wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.14.2017

ACCEPTED 4.14.2017