

УДК 664.951

Доцент В.И. Волченко, заведующий кафедрой ТПП В.А. Гроховский,
главный научный сотрудник Ю.Т. Глазунов,

аспирант А.И. Клименко

(Мурманский государственный технический университет) технологий пищевых производств.

тел. (8152) 40-32-26

E-mail: daesher@mail.ru

Associate Professor V.I. Volchenko, head of department V.A. Grokhovskii,
chief researcher Yu.T. Glazunov, post-graduate A.I. Klimentko

(Murmansk State Technical University) Department of technologies of food enterprises.

phone (8152) 40-32-26

E-mail: daesher@mail.ru

Получение изолята из полярной тресочки (сайки) и использование его для изготовления майонеза и мясорыбных сосисок

Obtaining the Polar cod protein isolate and its using for mayonnaise and meat- and fish frankfurters manufacturing

Реферат. Разработана технология рыбного белкового изолята (РБИ) из малоценного рыбного сырья - сайки (полярной тресочки). Обоснована целесообразность применения щелочно-кислотного гидролиза для получения РБИ из мяса сайки для увеличения выхода белка, обладающего ценными функциональными свойствами. Установлены наиболее значимые технологические параметры, влияющие на физико-химические показатели изолята рыбного белка - параметры процесса промывания фарша и процесса гидролиза. Проведены эксперименты по определению влияния срока хранения замороженного сырья на физико-химические свойства изолята рыбного белка. Определено оптимальное количество промывочных циклов для мяса сайки, составляющее 4 - для сайки со сроком хранения до 4-х месяцев, 6 - со сроком хранения более 4-х месяцев. Установлена зависимость изменения температуры выдерживания и pH суспензии в процессе гидролиза на наиболее значимые показатели качества - массовую долю белка, выход изолята (по фаршу), растворимость изолята; оптимальные значения факторов имеют следующие значения: $t = 98\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\text{pH} = 11,75$. Разработана технология бесхолестеринового майонеза с выбором в качестве основного эмульгирующего компонента РБИ из мяса сайки. Установлена высокая эмульгирующая способность (ЭС) РБИ в мелкодисперсной эмульсии типа «масло в воде»: при повышении массовой доли изолята на 0,6 % ЭС повышается на 1,85 %. Проведены исследования органолептических, физико-химических и микробиологических показателей майонеза в процессе хранения, установлен срок годности продукта - 30 суток при температуре от 3 до 5 $^{\circ}\text{C}$. РБИ был также использован для разработки технологии мясорыбных сосисок. В рецептуру сосисок входят свинина, РБИ, СВЧ-бланшированная печень трески, соль, томатная паста, картофельный крахмал, копильный препарат и другие компоненты.

Summary. The technology of fish protein isolate from the low-cost raw material – the polar cod meat – was developed. The rationality of using partial alkaline-acid hydrolysis of minced fish for making fish protein isolate from the polar cod meat increasing the full-grade highly functional protein yield was proved. The most significant technological parameters influencing the physical and chemical characteristics of isolate were obtained; they are the parameters of washing and hydrolysis processes. The experiments of determination of the dependency of shelf life of the frozen raw material on physical and chemical characteristics of the raw material were carried out. The optimal quantity of washing cycles depending on the storage time was determined, it is 4 for the polar cod stored less than 4 month, and 6 for the polar cod stored more than 4 months. The dependency of temperature and pH of suspension changes during hydrolysis on the most significant quality characteristics (protein content, isolate yield by minced fish, isolate solubility) was obtained. The optimal values of these factors are: the temperature of 98 $^{\circ}\text{C}$, pH of 11.75. The technology of manufacturing cholesterol-free mayonnaise choosing the fish protein isolate as an emulsifier was developed. The high emulsifying ability of fish protein isolate in fine emulsion “oil in water” was proved: increasing the content of isolate by 0.6 % the emulsifying ability increases by 1.85 %. The organoleptic, microbiological, physical and chemical analyses of the mayonnaise were carried out, the recommended shelf life (30 days at the temperature from 3 to 5 $^{\circ}\text{C}$) was found. The fish protein isolate was also used for meat and fish frankfurters. The receipt of these frankfurters includes pork, FPI, microwave-blanched cod liver, salt, species, sugar, tomato paste, potato starch and yolk, liquid smoke.

Ключевые слова: полярная тресочка, щелочно-кислотный гидролиз, рыбный белковый изолят, бесхолестериновый майонез, СВЧ-бланшированная печень трески, мясорыбные сосиски, цветообразование.

Keywords: Polar Cod, alkaline-acid hydrolysis, fish protein isolate, cholesterol-free mayonnaise, microwave-blanched cod liver, meat- and fish frankfurters, color formation.

© Волченко В.И., Гроховский В.А.,
Глазунов Ю.Т., Клименко А.И., 2015

Комплексное и рациональное использование водных биоресурсов продолжает оставаться важнейшей задачей для рыбообработывающей отрасли. Современные направления развития промышленности предусматривают разработку комплексных, малоотходных технологий переработки гидробионтов, освоение недоиспользуемых маломерных объектов открытой части океана, в том числе и рыб пониженной товарной ценности таких, как сайка [1]. Это вызвано изменением видового и размерного состава уловов, потерей большей доли белка в виде отходов при использовании традиционных методов переработки, недостаточной обеспеченностью населения животным белком.

Существенным направлением в этом плане является развитие технологий по глубокой переработке гидробионтов, с целью получения полноценного белка, и производства продуктов на их основе. Этим требованиям отвечает производство гидролизатов, концентратов, изолятов и готовых продуктов на их основе из объектов пониженной товарной ценности, которые трудно или почти невозможно переработать по традиционным технологиям.

Изоляты, изготовленные из рыбного сырья, являются ценными продуктами гидролиза белков. Содержание в них белка достигает от 88 до 93,5 %, что заметно превосходит по этому показателю рыбные концентраты и другие аналогичные продукты [2].

Рыбные белковые изоляты (РБИ) обладают многими ценными функциональными свойствами: растворимостью в воде, эмульгирующей, пенообразующей, связующей, гелеобразующей способностями, что позволяет использовать их для изготовления широкого диапазона пищевых продуктов, и в частности, мясных варёных колбас, майонезов и др.

Производство мясных варёных колбас, сосисок и сарделек, а также майонеза с добавлением изолята рыбного белка позволяет отказаться от необходимости введения ингредиентов, содержащих холестерин, в частности, яичных продуктов, что благоприятно скажется на его пищевых и диетических свойствах, делает его доступным для потребителей с повышенным содержанием холестерина в крови, а также уменьшит его себестоимость.

Существенный теоретический и практический вклад в развитие технологии по производству изолированного белка из гидробионтов и созданию продуктов питания на его основе внесли ученые: Л.И. Борисочкина, А.П. Черногорцев, Т.А. Орлова, Н.И. Рехина, П.Б. Василевский, В.У. Kim, J.W. Park, Н.О. Hultin, S.D. Kelleher и другие.

В тоже время поиск новых путей совершенствования технологии производства изолированного белка из гидробионтов и создание новых технологий продуктов питания на его основе в настоящее время имеют безусловную востребованность.

Таким образом, разработка технологии изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья с последующим получением ряда пищевых продуктов на его основе и предопределяет актуальность данной работы.

Целью работы является разработка способа изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья - сайки (полярной тресочки) и создание на этой основе технологии различных пищевых продуктов.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать целесообразность применения щелочно-кислотного гидролиза для получения изолята белка из мяса сайки;
- установить наиболее значимые технологические параметры, влияющие на физико-химические показатели изолята рыбного белка;
- оптимизировать процесс изготовления белкового изолята с использованием математических методов планирования эксперимента и обработки данных;
- изготовить изолированный белок из сайки на основе установленных оптимальных технологических параметров;
- провести анализ полученного изолята по комплексу органолептических, физических, химических и микробиологических показателей;
- разработать технологию изготовления ряда пищевых продуктов на основе изолированного белка из мяса сайки;
- определить показатели безопасности и качества полученных продуктов;
- провести комплексные исследования полученных продуктов в процессе хранения и установить сроки годности;
- разработать проект нормативной документации по производству ряда продуктов на основе изолята рыбного белка.

Объектами исследования являлись фарш из сайки мороженой, полученный из него белковый рыбный изолят, и опытные образцы майонеза и ряда пищевых продуктов, изготовленные на его основе. Используемая для производства изолированного рыбного белка сайка неразделанная должна соответствовать требованиям ГОСТ 15-57-96 «Рыба мелкая мороженая. Технические условия».

По микробиологическим показателям и показателям безопасности мороженая сайка, и вспомогательные материалы должны соответствовать требованиям СанПиН 2.3.2.1078-2001.

По паразитарной чистоте мороженая сайка должна отвечать требованиям СанПиН 3.2.133-2003.

В производстве майонеза и мясных изделий на основе изолированного белка сайки используются дополнительное пищевое сырье: вода питьевая (по СанПиН 2.1.4.1074-2001), масло растительное (ГОСТ 1129-93), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), сахарный песок (ГОСТ 21-94), горчица (РСТ РСФСР 253-87), уксус пищевой (ГОСТ Р 52101-2003). В производстве мясорыбных сосисок используются соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), свинина нежирная замороженная в блоках (ГОСТ Р 54704-2011), печень трески охлажденная или замороженная (ОСТ 15-411-2003), яйцо куриное пищевое (ГОСТ Р 52121-2003) сахарный песок (ГОСТ 21-94), перец чёрный молотый (ГОСТ 29050-91), перец душистый молотый (ГОСТ 29045-91), крахмал картофельный (ГОСТ Р 53876-2010).

Эксперименты проводились на базе научно-производственной лаборатории на кафедре «Технологии пищевых производств» МГТУ и в учебно-экспериментальном цехе МГТУ.

При разработке способа изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья - сайки и создания на этой основе технологии бесхолестеринового майонеза и мясорыбных сосисок определяли качественные показатели сырья, ингредиентов и готовых продуктов.

В ходе экспериментов использовали химические, физические, органолептические и микробиологические методы исследований.

Исследуемые образцы рыбы (полуфабрикат и готовая продукция) отбирали по ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукты из них. Правила приемки и методы отбора проб». После составления объединенной пробы рыбу заворачивают в пергамент по ГОСТ 1341-97 с нанесением соответствующих подписей (наименование образца, вид обработки, место, дата, время отбора). Из объединенной пробы составляли среднюю пробу по ГОСТ 31339-2006. Образцы хранили в холодильнике при выбранных температурных режимах.

Химический состав (массовую долю воды, липидов и минеральных веществ, водородоудерживающую способность рыбы (ВУС), массовую долю азотистых летучих оснований (АЛО), массовую долю общих азотистых веществ (ОА) и небелкового азота (НА), растворимость белка в воде, кислотность и содержание поваренной соли) определяли стандартными методами (ГОСТ 7636-85). В готовом

продукте определяли органолептические показатели качества майонеза (консистенция, внешний вид и цвет, запах и вкус), массовую долю влаги и жира, кислотность и стойкость эмульсии, пероксидное число жировой фазы по методам испытаний, изложенным в ГОСТ 30004.2-93 «Майонезы. Правила приемки и методы испытаний», с 01.01.2011 ГОСТ Р 53595-2009 «Майонезы и майонезные соусы. Правила приемки и методы испытаний».

Микробиологические показатели сырья, изолированного белка и бесхолестеринового майонеза на его основе проводили в микробиологической лаборатории Центра исследования сырья и продукции кафедры «Технологии пищевых производств» МГТУ. Отбор и подготовку проб для микробиологических анализов проводили по ГОСТ 26668-85 «Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов».

Микробиологические испытания проводили по стандартным методикам (ГОСТ 10444.2-94, ГОСТ 10444.12-88, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 26560-90, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-85, ГОСТ 29184-91, ГОСТ 29185-91, ГОСТ Р 50474-93, ГОСТ Р 50480-93).

Активную кислотность (рН) сырья, воды, направляемой на промывание фарша, суспензии в процессе гидролиза, продукта определяли потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001-х», портативном рН-метре «HANNA» модели HI98103.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики и нелинейной регрессии [3]. Основу математических обработок составили полиномиальные модели второго порядка.

Получение уравнений регрессий исследуемых процессов и поиск оптимальных условий их протекания осуществлены с использованием центральных ортогональных композиционных планов.

Полный факторный план создавали в виде матрицы, состоящей из всех возможных комбинаций нижних и верхних уровней каждого из факторов. План обозначали 2^n , где n - количество факторов, а 2 - число уровней варьирования факторов. С целью минимизации влияния последовательности проведения экспериментов, проводили рандомизацию матрицы [3]. Для каждого из наборов комбинаций уровней факторов определяли значение функции отклика. Затем получали уравнение регрессии с помощью регрессионного анализа.

Поиск оптимума осуществлялся методом крутого восхождения - оптимум ищется на линии, полученной по уравнению регрессии (эта линия практически совпадает с направлением градиента функции отклика). Если же исследование проводилось вблизи оптимума, поиск оптимума был возможен путём исследования поверхности оптимума [3].

Расчет коэффициентов уравнений регрессии, проверку адекватности уравнений регрессии и поиск оптимума полученной функции в заданной области факторного пространства осуществляли на ПЭВМ с использованием компьютерной программы Datafit 9.0.

К нестандартным относится экстракция жира из навески рыбного фарша и изолята методом Блая-Дайера, метод определения плотности, а также массовой доли азотистых летучих оснований (АЛО), массовой доли общих азотистых веществ (ОА) и небелкового азота (НА) с помощью автоматического дистиллятора Кьельдаля PRO-NITRO A 40002430.

Разработка способа получения ИРБ из мяса сайки методом щёлочно-кислотного гидролиза. Технологические процессы производства концентратов и изолятов белка состоят из сравнительно небольшого числа операций. Обычно они включают механическое измельчение и очистку исходного сырья, экстракцию из него полезных или целевых и антипитательных веществ, экстракцию белка, очистку белковых растворов, концентрирование или осаждение белка, регулирование его функциональных свойств, сушку или замораживание, или дальнейшее использование для получения продуктов питания [4].

К наиболее важным параметрам процесса относятся приёмы и режимы измельчения и очистки сырья, состав экстрагирующих сред и температурно-временные режимы обработки на отдельных стадиях [5].

Основными направлениями на пути создания и оптимизации технологий изготовления изолята рыбного белка являются: выбор сырья, наиболее приемлемого для его изготовления; подготовка фарша с наиболее приемлемыми показателями; определение значений технологических параметров, обеспечивающих максимальный выход и качество изолята рыбного белка; максимальная расшифровка механизмов формирования основных свойств изолята и на их базе создание моделируемых процессов и управляемых технологий.

На качество рыбного фарша оказывает влияние множество факторов, в том числе вид сырья, его качество, посмертное состояние рыбы, способы отделения мяса рыбы от костей и других компонентов, степень измельчения мяса рыбы, способ экстракции антипитательных веществ из фарша, вещества, применяемые для стабилизации компонентов фарша, температурные режимы обработки и хранения.

Контроль степени измельчения сырья необходим для обеспечения оптимальных условий очистки сырья от нежелательных компонентов и примесей и последующей экстракции (скорости, выхода и однородности фракций). Наряду со степенью измельчения важное значение имеют температурно-временные режимы измельчения. Они должны не допустить деструкцию и окисление ценных компонентов. Высокие степени измельчения обычно нежелательны, так как излишняя гомогенизация сырья часто сопровождается взаимодействием его компонентов и затрудняет разделение отдельных фракций. Кроме того, при чрезмерно тонком измельчении возникают технологические проблемы при хранении и транспортировке сырья на последующие технологические операции, связанные с уплотнением и слеживанием, потерям при его отделении от нежелательных компонентов путём центрифугирования, фильтрации или сепарации, а также при отделении от экстрагирующих сред.

Отделение белка от липидов обеспечивает увеличение сроков его хранения, улучшение функциональных и органолептических свойств, снижение стоимости. Улучшение органолептических свойств белка обусловлено как отделением жирорастворимых вкусовых и ароматических веществ, так и предотвращением образования продуктов гидролиза и окисления липидов. Изменение функциональных свойств белка обусловлено снижением роли липид-белковых взаимодействий и химической модификацией белков при взаимодействии с липидами и продуктами окисления липидов.

В качестве растворителей для удаления липидов используют изопропанол, гексан, хлорированные углеводороды. Количество промывок измельченного мяса рыбы, соотношение мяса рыбы и промываемого раствора, его температура также оказывают влияние на качество рыбного фарша.

При невозможности учета и управления всеми факторами, целесообразно определить и оптимизировать оказывающие наибольшее влияние на качество изолированного белка, а именно, параметры процесса промывания фарша и гидролиза.

Результаты исследований по установлению влияния системы промываний на свойства фарша из мяса сайки. Эксперименты проводились на различных партиях сайки мороженой октябрьского улова. Срок хранения мороженой сайки составлял один месяц.

Размораживание осуществляли в воде при температуре не выше плюс 15 °С до температуры от минус 1 до 1 °С в толще тушки с

последующими разделкой сайки на тушку и измельчением.

Для получения фарша высоких кондиций применяли трехкратную систему промывок фарша. В ходе всего процесса были определены объективные и субъективные показатели качества фарша. Результаты и ход эксперимента представлены в таблице 1 и на рисунках 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Влияние промывок на свойства фарша из мяса сайки

Показатель	Фарш			
	после разделки	после первого промывания (водой)	после второго промывания (0,5 % содовым раствором)	после третьего промывания (водой)
Цвет	серый	светло-серый с кремовым оттенком	грязно-кремовый с темно-серыми включениями	темно-кремовый цвет с серыми включениями
Запах	резко выраженный	значительно выраженный	умеренно выраженный	умеренно выраженный
Гистологические свойства	при надавливании отделяется тканевый сок темно-серого цвета	при надавливании отделяется жидкость серого цвета	при надавливании отделяется жидкость	при надавливании отделяется жидкость
ВУС, %	62,01±0,21	62,60±0,25	62,78±0,18	62,97±0,22
Влагосодержание (ω), %	81,75±0,15	81,82±0,11	87,02±0,19	89,92±0,11
АЛО, %	0,045±0,0012	0,038±0,0014	0,024±0,0018	0,014±0,0011
Протеин (N-6,25), %	14,9±0,13	-	-	-
Липиды, %	1,2±0,09	-	-	-

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что, во-первых, цвет фарша после трёх промываний изменился от серого до темно-кремового с серыми включениями, что связано с процессом вымывания частиц кожи, внутренностей, а также белков саркоплазматической фракции.

Во-вторых, происходит снижение интенсивности специфического рыбного запаха фарша вследствие уменьшения массовой доли азота летучих оснований (АЛО) и других небелковых азотистых веществ, поскольку уменьшается содержание аммиака, метиламиновых соединений, свободных аминокислот, мочевины, которые экстрагируются водой в процессе промывания. Изменение азота летучих оснований в зависимости от количества промываний представлено на рисунке 1.

В-третьих, по результатам экспериментов (рисунок 2) наблюдается увеличение влагосодержания, что объясняется тем, что многократная промывка способствует впитыванию воды, несмотря на отжим. Кроме того, происходит незначительное увеличение влагоудер-

живающей способности в результате высокой степени очистки миофибриллярных белков.

Изменение влагоудерживающей способности и влагосодержания и азота летучих оснований в зависимости от количества промываний представлено на рисунке 2.

Промывание фарша позволяет получить миофибриллярные белки с более высокой степенью очистки и, следовательно, способствует удалению побочных запахов, повышает эластичность и устойчивости продукта к порче.

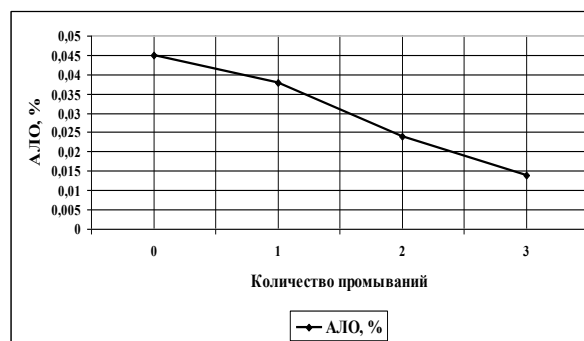


Рисунок 1. Изменение азота летучих оснований и влагосодержания в зависимости от количества промываний



Рисунок 2. Изменение влагоудерживающей способности и влагосодержания в зависимости от количества промываний

Результаты экспериментов показали необходимость промываний, которые, безусловно, улучшают качественные характеристики фарша.

Определение оптимальных параметров процесса гидролиза мяса сайки. Следующим этапом разработки способа получения ИРБ стало установление целесообразности и возможности использования частичного щёлочно-кислотного гидролиза с выявлением и оптимизацией наиболее значимых факторов данного процесса.

Анализ имеющихся экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что из большого числа факторов, влияющих на процесс гидролиза, основными являются те, которые определяют интенсивность растворения белка - температура выдерживания суспензии X_1 и pH суспензии X_2 . Остальные влияющие факторы (продолжительность гидролиза, количество воды, добавляемой к фаршу, способ разделки сырья и его удельная поверхность, химический состав сырья) фиксировались в ходе экспериментов с целью исключения их влияние на результат.

С целью минимизации количества проводимых экспериментов, при наличии большого числа факторов, влияющих на значение измеряемой величины, применяли статистические методы планирования эксперимента, которые предполагают выделение двух уровней варьирования всех используемых факторов (нижнего и верхнего), обозначаемых минус один и плюс один [3].

При установлении оптимальных параметров процесса изготовления изолята из сайки применяли ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов.

С учетом результатов ранее выполненных работ и собственных экспериментов были определены пределы и интервалы изменения факторов X_1 и X_2 , подлежащих оптимизации.

Температура выдерживания суспензии в ходе эксперимента варьировалась от 80 до 100 °С, pH суспензии варьировалась от 8 до 12. Характеристика эксперимента представлена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

План эксперимента по определению оптимальных технологических параметров процесса гидролиза мяса сайки

Фактор	Уровень			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
X_1 - температура выдерживания суспензии (фарш в водном растворе NaOH) при гидролизе, °С	80	90	100	10
X_2 - pH суспензии	8	10	12	2

При оптимизации факторов, влияющих на физико-химические показатели изолята, была проведена рандомизация матрицы. Опыты, указанные в строках, выполнялись в случайной последовательности и проводились в трехкратной повторности.

Матрица планирования экспериментов представлена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Номер опыта после рандомизации	Условие опыта	
		X_1 , °С	X_2
1	5	80	8
2	9	80	10
3	8	80	12
4	1	90	8
5	7	90	10
6	3	90	12
7	6	100	8
8	4	100	10
9	2	100	12

В качестве функций отклика были выбраны следующие физико-химические показатели изолята: Y_1 - выход изолята (по фаршу), Y_2 - растворимость изолята, Y_3 - содержание белка (в пересчёте на массовую долю воды в изоляте 62,6 %). Безразмерный обобщённый параметр оптимизации для каждого опыта рассчитывали по формуле 1:

$$Y_i(x) = \sum (Y_{ni} - Y_{no})^2 / Y_{no}^2, \quad (1)$$

где Y_{ni} - значение экспериментального i -го частного отклика; Y_{no} - наивысшее значение i -го частного отклика.

Наивысшие значения для функций отклика в соответствии с результатами предварительных экспериментов и данными научно-технической литературы представлены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

Наивысшие значения для функций отклика

Функция отклика	Y ₁ , %	Y ₂ , %	Y ₃ , %
Наивысшее значение	70	60	35

Подготовку фарша (размораживание, разделка сайки на тушку, измельчение и трёхкратное промывание) проводили из сырья и по технологии, указанной ранее.

Процесс гидролиза осуществляется в несколько этапов. К смеси после центрифугирования добавляется вода в соотношении 4:1 к фаршу. Далее добавляется NaOH до необходимого уровня pH (предварительно NaOH готовится из сухого едкого натра разведением его водой до концентрации 33 %). Затем происходит перемешивание смеси в течение 45 минут.

Обработка частично гомогенизированной смеси производится при необходимой температуре, с последующим охлаждением до температуры от 50 до 60 °С и фильтрацией нежелательных компонентов. Далее в фильтрат добавляется раствор HCl при постоянном перемешивании до достижения pH = 5,5. Осаждённый белок отделяется центрифугированием.

В процессе последующих экспериментов по изготовлению изолята рыбного белка в соответствии принятом ортогональном плане были получены результаты, отражающие зависимость физико-химических показателей изготовленного изолята от факторов оптимизации - температуры выдерживания суспензии X₁ и pH суспензии X₂. Матрица планирования и результатов экспериментов представлена в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Номер опыта после рандомизации	Условие опыта		Y ₁ , %	Y ₂ , %	Y ₃ , %	Y
		X ₁ , °С	X ₂				
1	5	80	8	45,4	46,8	27,9	0,196
2	9	80	10	51,7	47,2	29,1	0,128
3	8	80	12	58,6	49,8	30,7	0,060
4	1	90	8	47,3	48,4	28,9	0,158
5	7	90	10	56,3	52,8	30,9	0,057
6	3	90	12	63,7	55,1	31,3	0,017
7	6	100	8	51,6	49,7	28,5	0,117
8	4	100	10	62,6	52,7	32,6	0,026
9	2	100	12	66,1	54,4	32,8	0,012

Результаты исследований обрабатывали с применением математических методов регрессионного анализа [3]. Полиномиальные модели второго порядка, представленные в формуле 2, являлись основой математических обработок. Показатель i изменяется от единицы до трех:

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j^2, \quad (2)$$

где Y - обобщенный параметр оптимизации; b₀, b_i, b_{ii}, b_{ij} - неизвестные коэффициенты полиномиальной модели; x_i (x_j) - изменяемые факторы исследуемого процесса.

Математическая обработка результатов: расчет коэффициентов уравнений регрессии, проверку адекватности уравнений регрессии и поиск оптимума полученной функции в заданной области факторного пространства была проведена с использованием компьютерной программы Datafit Version 9.

В результате было получено уравнение регрессии 3:

$$Y_i(x) = 0,84 - X_1 - 0,04 X_2 \quad (3)$$

Критерий Фишера (F-ratio) для данной модели составил 41,2, что свидетельствует об адекватности полученных математических зависимостей.

Полученное уравнение регрессии позволяет определить значение функции отклика для заданных условий проведения эксперимента, дает информацию о форме поверхности отклика, представленной на рисунке 3. Исследование этой поверхности необходимо для выбора оптимальных параметров - температуры выдерживания и pH суспензии.

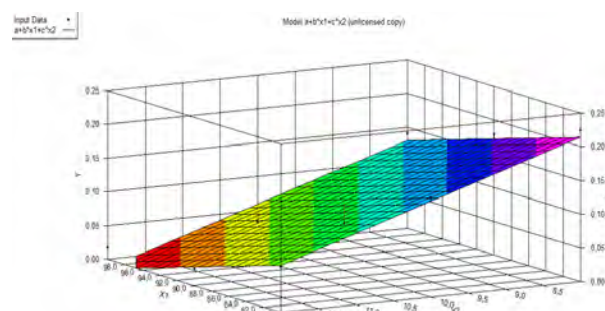


Рисунок 3. Поверхность функции отклика Y в выбранной области факторного пространства (уравнение 3), характеризующая зависимость обобщенного параметра оптимизации Y от варьируемых факторов - температуры выдерживания X₁ и pH суспензии X₂ при гидролизе

В ходе решения этого уравнения были установлены оптимальные значения факторов, влияющих на качество изолята рыбного белка в процессе гидролиза. Они имеют следующие значения: $X_1 = 98^\circ\text{C}$ и $X_2 = 11,75$. Расчетные значения влияющих факторов, наиболее близкие к оптимальным, то есть соответствующие максимальному значению функции отклика. Таким образом, после получения математического описания процесса гидролиза, в зависимости от температуры выдерживания и pH суспензии, становится доступной оптимизация последнего.

Таким образом, результаты проведенных исследований по установлению целесообразности трёхкратного промывания фарша водой, применения щелочно-кислотного метода гидролиза с оптимизацией значимых факторов данного процесса, положены в основу разработанного способа получения изолята рыбного белка из мяса сайки.

На основании значений оптимальных факторов был изготовлен изолят рыбного белка из мяса сайки.

Органолептическая и физико-химические характеристики изолята из мяса сайки представлены в таблицах 6 и 7 соответственно.

В ходе органолептической оценки полученного изолята рыбного белка через 24 часа было выявлено появление слабовыраженного рыбного запаха. Это объясняется недостатками методов центрифугирования и отделения осадка при промывании фарша в условиях лаборатории, которые не позволяют произвести полное удаление аминов и веществ липидного характера (свободные жирные кислоты), вызывающих повторное появление слабовыраженного рыбного привкуса. Этот недостаток полностью исключается применением промышленных центрифуг и регулированием количества промываний.

Т а б л и ц а 6
Органолептическая характеристика
ИРБ из мяса сайки

Показатель	Цвет	Запах	Консистенция	Вкус
Характеристика	Светло-серый с кремовым оттенком	Нейтральный, через 24 часа - слабовыраженный рыбный	Творожистая, уплотнённая	Нейтральный, схожий со вкусом вареного яичного белка

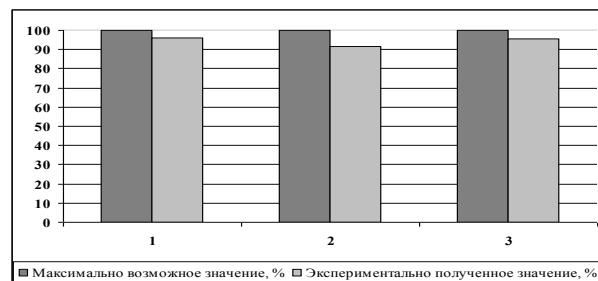
Т а б л и ц а 7
Физико-химический состав
изолированного белка

Показатель	Выход изолята (по фаршу), %	Растворимость изолята, %	Влагодержание (ω), %	Протеин в пересчёте на сухое вещество (N·6,25), %	Липиды, %
Значение	67,15	54,93	85,20	89,39	0,48

Содержание белка составило 95,6 % от максимально возможного (93,5 % протеина в пересчёте на сухое вещество), растворимость - 91,55 % (от максимально возможной 60 %).

Сравнение физико-химического состава изолята, изготовленного на основании значений оптимальных факторов, с наивысшими значениями по данным научно-технической литературы, представлено на рисунке 5.

Массовая доля липидов уменьшается в 2,5 раза (с 1,2 % в сырье), что связано с экстрагированием их значительной части водой в процессе промываний. Снижение количества липидов положительно сказывается на качестве изолята рыбного белка, что обусловлено как отделением жирорастворимых вкусовых и ароматических веществ, так и предотвращением образования продуктов гидролиза и окисления липидов.



1 - Выход изолята (по фаршу), %; 2 - растворимость изолята, %; 3 - протеин, %.

Рисунок 5. Сравнение физико-химического состава изолята, изготовленного на основании значений оптимальных факторов, с наивысшими значениями

Определение влияния срока хранения замороженного сырья на физико-химические свойства изолята рыбного белка. Хранение рыбы в условиях низких температур замедляет процессы превращения исходных биологических и неорганических соединений в тканях.

При низких температурах в тканях мороженой рыбы основная часть влаги превращена в кристаллы льда. Характер, распределение и размеры образующихся кристаллов льда зависит от условий замораживания и состояния рыбы перед замораживанием.

Особенности кристаллообразования и распределения кристаллов внутри тканей влияют на пищевую ценность мяса, физико-химические свойства мышечной ткани, на вододерживающую способность белков.

В процессе хранения происходят автолитические превращения белков и липидов под воздействием тканевых протеолитических и липолитических ферментов. Скорость автолиза зависит от температуры, активности ферментов и других факторов [6].

Качество сырья оказывает влияние на пищевую и биологическую ценность рыбного фарша. Подготовка фарша с наиболее приемлемыми показателями является одним из основных направлений на пути создания и оптимизации технологии изготовления изолята рыбного белка.

Наиболее актуальным направлением получения фарша высоких кондиций считается применение системы промываний фарша. Анализ имеющихся научных и экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что из большого числа факторов, влияющих на процесс промывания фарша, основными являются те, которые обеспечивают максимальную экстракцию антипитательных ве-

ществ - количество промываний измельченного мяса рыбы, соотношение мяса рыбы и промываемого раствора и его температура.

По данным научно-технической литературы оптимальное значение гидро модуля - 3 (соотношение воды и фарша 3:1), температура растворителя (воды) - не должна превышать 10 °С, длительность промывочного цикла - не более 10 минут [7].

Эксперименты по установлению оптимальных параметров процесса промывания мяса сайки проводились на различных партиях сайки мороженой, заготовленной в районе промысла Баренцева моря.

Для получения фарша, максимально очищенного от нежелательных компонентов, применяли многократную систему промываний фарша - от трёх до шести, осуществляемых после измельчения рыбы, при температуре воды от 7 до 8 °С, гидро модуле - 3, длительности промывочного цикла - от 6 до 7 минут. В ходе всего процесса были определены объективные и субъективные показатели качества фарша. Результаты и ход эксперимента представлены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8

Результаты исследований фарша из сайки мороженой

Объект исследования	Наименование показателя								
	Массовая доля воды, %	ВУС, %	ОА, %	НБА, %	ИП, %	АА, %	АЛО, %	Липиды, %	Зола, %
Сайка мороженная, срок хранения 1,5 месяца									
- фарш после разделки	78,9±0,15	64,11±0,3	3,14±0,03	0,4143±0,003	17,04	0,085±0,006	0,0139±0,0002	1,09±0,06	1,62±0,05
- фарш после 3-х промывок	84,8±0,15	-	2,26±0,01	0,0809±0,005	13,62	-	0,0062±0,0001	0,65±0,02	-
- фарш после 4-х промывок	90,0±0,10	-	1,49±0,04	0,0500±0,001	9,00	-	0,0059±0,0005	0,22±0,04	-
Сайка мороженная, срок хранения 4 месяца									
- фарш после разделки	84,3±0,12	63,08±0,4	2,33±0,03	0,3368±0,006	12,46	0,199±0,008	0,0226±0,0001	1,10±0,09	1,63±0,03
- фарш после 3-х промывок	88,6±0,1	-	1,64±0,02	0,047±0,001	9,96	-	0,0100±0,0003	-	-
- фарш после 4-х промывок	88,4±0,4	-	1,66±0,01	0,044±0,001	10,10	-	0,0065±0,0004	-	-
- фарш после 5-ти промывок	91,0±0,05	-	1,31±0,01	0,040±0,002	7,94	-	0,0058±0,0003	-	-
- фарш после 6-ти промывок	91,5±0,05	-	1,24±0,04	0,037±0,002	7,52	-	0,0056±0,0001	-	-
Сайка мороженная, срок хранения 7 месяцев									
- фарш после разделки	77,9±0,09	61,12±0,2	-	-	-	0,274±0,01	0,0625±0,0004	-	1,67±0,02
- фарш после 3-х промывок	80,1±0,1	-	-	-	-	-	0,0185±0,0004	-	-
- фарш после 4-х промывок	88,6±0,2	-	1,24±0,03	0,080±0,001	7,25	-	0,0086±0,0004	-	-
- фарш после 5-ти промывок	86,4±0,06	-	1,48±0,01	0,072±0,001	8,8	-	0,0066±0,0003	-	-
- фарш после 6-ти промывок	85,5±0,04	-	1,59±0,07	0,060±0,003	9,56	-	0,0058±0,0003	-	-

Для сайки при хранении наблюдались следующие закономерности: повышение массовой доли небелкового азота, увеличение содержания аминного азота от 0,085 до 0,274 %, свидетельствующие о высокой активности тканевых ферментов и интенсивности автолиза в мышечной ткани данного вида рыбы, уменьшение водоудерживающей способности белков от 64,11 до 61,12 %. При хранении мороженой рыбы в тканях развиваются физико-химические процессы, в результате которых с поверхности тела рыбы испаряется влага, увеличиваются размеры кристаллов льда, уменьшается их число в межклеточном пространстве, но при размораживании рыбы в воде может наблюдаться оводнение мышечной ткани, что отражается на химическом составе сырья (колебание массовой доли воды).

Массовая доля жира в мышечной ткани изменяется за счёт изменения содержания воды. Аналогично, в результате изменения содержания влаги, незначительно изменяется массовая доля минеральных веществ.

В процессе промывания фарша наблюдается незначительное уменьшение содержания общего азота, что связано с удалением части хорошо растворимых в воде саркоплазматических белков, а также увеличение влагосодержания, что объясняется неравномерной силой мануального отжима.

Отношение НБА/ОА в процессе промывания изменяется для сайки со сроком хранения 1,5 месяца с 13, 19 до 3,36 % (за 4 промывочных цикла), 4 месяца - с 14,45 до 3,41 и 3,05 % (за 4 и 5 промывочных циклов соответственно), 7 месяцев - с 14,52 до 3,77 % (за 6 промывочных циклов).

Кроме того наблюдается уменьшения азота летучих оснований, которое происходит вследствие уменьшения аммиака, метиламиновых соединений, небелковых азотистых веществ, свободных аминокислот, мочевины и липидов, которые также вымываются в процессе промывки.

Динамика изменения азота летучих оснований в зависимости от количества промывочных циклов представлена на рисунке 6.

Анализ полученных данных позволил установить нецелесообразность проведения пятого и шестого промывочных цикла для сайки со сроком хранения 1,5 и 4 месяца. Таким образом, оптимальное количество промывочных циклов для сайки со сроком хранения до четырёх месяцев - 4, более четырёх месяцев - 6.



Рисунок 6. Динамика изменения азота летучих оснований в зависимости от количества промывочных циклов

На основании полученных значений оптимальных факторов был изготовлен изолят рыбного белка из мяса сайки со сроком хранения 1,5, 4 и 7 месяцев, физико-химическая и органолептическая характеристики которого представлены в таблице 9.

Технологическая схема получения изолированного белка из мяса сайки, разработанная на основании полученных значений оптимальных факторов, представлена на рисунке 7.

С целью проверки универсальности разработанного способа изготовления изолята рыбного белка из мяса сайки для рыб семейства тресковые со схожим химическим составом был изготовлен белковый изолят из мяса путассу.

Эксперимент по установлению универсальности разработанного способа изготовления изолята рыбного белка проводился на путассу мороженой, заготовленной в районе СВА - февральский улов. Срок хранения мороженой путассу составил 2 месяца.

Физико-химическая и органолептическая характеристики сырья, промытого фарша и изолята рыбного белка из мяса путассу представлены в таблице 10.

Т а б л и ц а 9

Физико-химическая и органолептическая характеристики изолята рыбного белка из мяса сайки

Наименование показателя	Изолят из мяса сайки		
	сроком хранения 1,5 месяца 4 промывочных цикла	сроком хранения 4 месяца 4 промывочных цикла	сроком хранения 7 месяцев 6 промывочных циклов
1	2	3	4
Массовая доля воды, %	90,9±0,0500	89,1±0,0500	91,0±0,04
ОА, %	1,37±0,0030	1,50±0,0025	1,00±0,0065
НБА, %	0,03±0,0050	0,04±0,0013	0,05±0,005

1	2	3	4
Сырой протеин (ОА-6,25), %	8,57±0,0038	9,39±0,0060	6,29±0,006
Истинный протеин (БА-6,25), %	8,42±0,0012	9,13±0,0023	5,99±0,0044
Истинный протеин в пересчёте на сухое вещество, %	92,05±0,005	83,40±0,002	66,87±0,002
АЛО, %	1,0±0,01	1,1±0,01	4,1±0,02
Зола, %	0,45±0,003	0,85±0,008	0,21±0,003
Цвет	белый	белый, через 48 часов переходящий в бело-серый	бело-серый
Запах	нейтральный	нейтральный	нейтральный
Вкус	нейтральный	нейтральный	нейтральный

Полученные данные позволяют сделать вывод об универсальности разработанного способа изготовления изолята рыбного бел-

ка из мяса сайки для рыб семейства тресковые со схожим химическим составом.

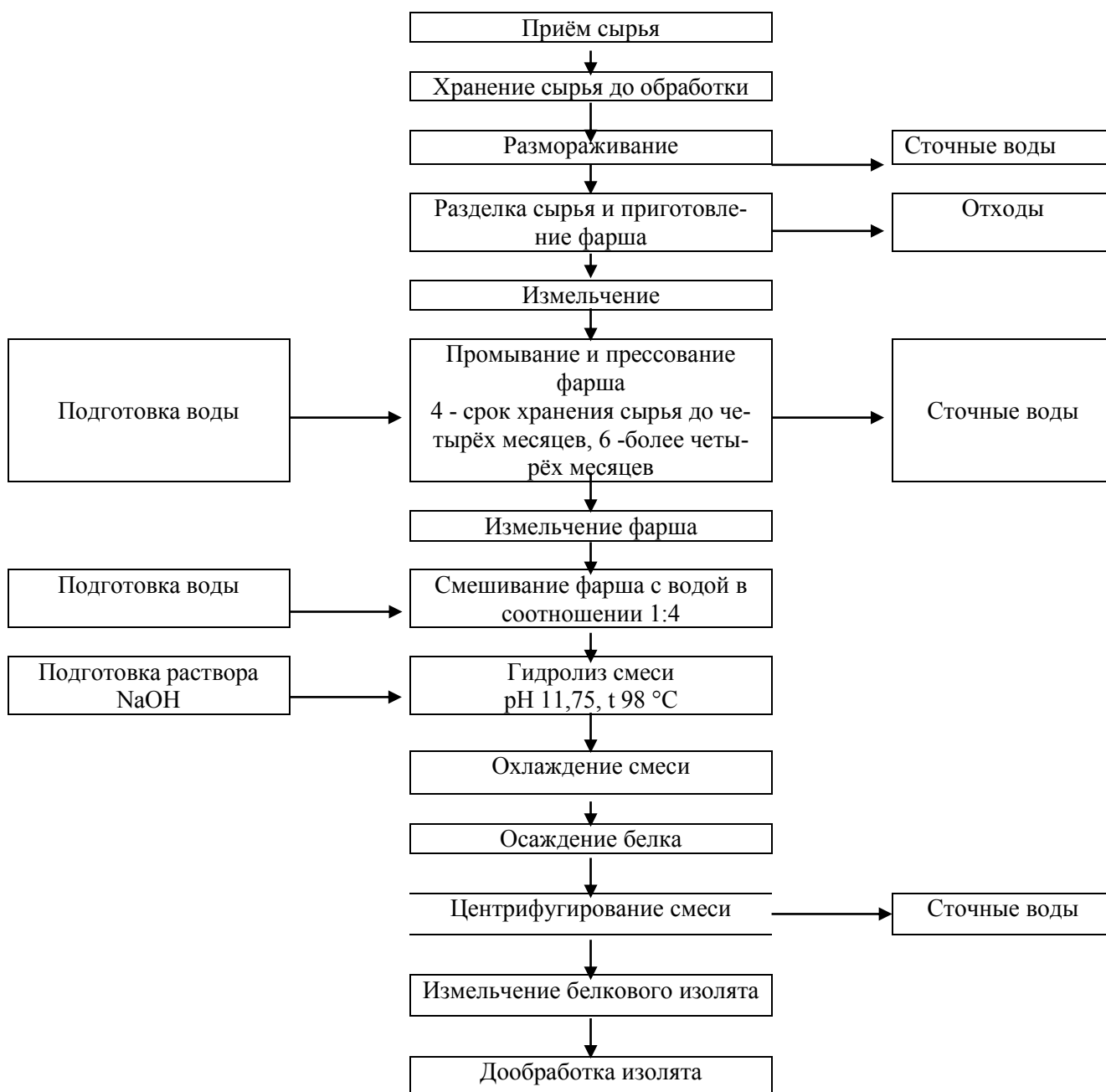


Рисунок 7. Технологическая схема производства изолята из мяса сайки

Разработка технологии изготовления бесхолестеринового майонеза на основе изолята рыбного белка из мяса сайки. Майонез представляет собой сметанообразную мелкодисперсную эмульсию, где дисперсионной средой является вода, а дисперсной фазой - масло, приготовленную из рафинированных растительных масел с добавлением эмульгаторов, стабилизаторов, вкусовых добавок и пряностей (ГОСТ 30004.1-93, с 01.01. 2011 г. ГОСТ Р 53590-2009).

В ходе анализа научно-технической литературы были определены основные направ-

ления в создании майонезных эмульсий со сбалансированным соотношением белков, жиров и углеводов. Замена в рецептурах яичных продуктов - основного эмульгирующего и структурирующего компонента майонезных эмульсий является одной из наиболее актуальных тенденций в производстве майонеза.

Применение различных комбинаций эмульгирующих, структурирующих и стабилизирующих компонентов позволяет при их низком расходе получить высокоустойчивые эмульсии.

Т а б л и ц а 10

Физико-химическая и органолептическая характеристики сырья, промытого фарша и изолята рыбного белка

Наименование показателя	Исследуемый материал		
	Фарш после разделки	Фарш после 4-х промывок	Изолят
Массовая доля воды, %	80,298±0,0500	94,98±0,0500	90,98±0,04
ВУС, %	55,07±0,0400	-	-
ОА, %	2,5±0,0030	0,8472±0,0025	1,2883±0,0033
НБА, %	0,499±0,0050	0,0161±0,0013	0,0240±0,005
АЛО, %	0,015±0,0100	0,0043±0,0100	0,0014±0,010
АА, %	0,0770±0,0110	-	-
Зола, %	1,41±0,0030	-	-
Сырой протеин (ОА·6,25), %	-	-	8,052±0,006
Истинный протеин (БА·6,25), %	-	-	7,9019±0,0024
Истинный протеин в пересчёте на сухое вещество, %	-	-	87,633±0,002
Цвет	серый	кремовый с темно-серыми включениями	белый
Запах	значительно выраженный	слабо выраженный	нейтральный
Вкус	-	-	нейтральный

Поверхностно-активные свойства рыбного белка, его поведение на поверхностях раздела фаз масло-вода имеют большое практическое значение при получении пищевых эмульсий.

При исследовании свойств изолята рыбных белков было установлено, что эмульгирующая способность у него в три с половиной раза выше, чем у казеината натрия, и в два раза выше, чем у изолята соевого белка [4], что послужило опорной точкой для исследования оптимального ингредиентного состава для изготовления бесхолестеринового майонеза.

Технологическая схема производства майонеза периодическим способом представлена на рисунке 8.

Майонез является мультикомпонентной системой, а качественный и количественный состав ингредиентов определяет его функциональные свойства.

Основным эмульгирующим и стабилизирующим компонентом являлся изолят рыбного белка из мяса сайки. В качестве дополнительных были выбраны картофельный крахмал и сухие молочные продукты, так как они совместимы с другими пищевыми ингредиентами, входящими

в майонез, теоретически должны обеспечить требуемую консистенцию, сохраняющуюся длительное время и другие потребительские и технологические свойства продукта.

Экспериментальные рецептуры бесхолестеринового майонеза с применением крахмала и сухих молочных продуктов в различных соотношениях представлены в таблице 11. В качестве объективного показателя определялась стойкость эмульсии.

Проведённые исследования показали, что наиболее стабильными являются майонезные эмульсии, изготовленные по рецептурам 2, 5 и 8, о чём свидетельствует стойкость эмульсии. Наибольшее значение показателя наблюдается при увеличении количества рыбного изолированного белка. При повышении массовой доли изолята на 0,6 %, эмульгирующая способность повышается на 1,85 %.

По разработанной шкале органолептической оценки в баллах, оценивали: консистенцию, внешний вид, запах и вкус образцов, изготовленных по рецептурам 2, 5 и 8. Результаты представлены в таблицах 12 - 14.

Т а б л и ц а 11

Варианты рецептур бесхолестеринового майонеза

Наименование сырья	Количество компонентов, г							
	Варианты рецептур							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Масло растительное дезодорированное	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0
Белковый изолят (влажностью 50 %)	40,00	41,00	40,00	40,00	40,00	40,0	40,0	40,0
Уксус, 9 %	3	3	3	3	3	3	3	3
Сахар-песок	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Молоко сухое обезжиренное	-	-	1,2	-	1,2	1,5	-	1,5
Соль	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Горчица	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Крахмал картофельный	-	-	-	0,7	0,7	-	0,9	0,9
Итого	98,2	99,2	99,4	98,9	100,1	99,7	99,1	100,6
Стойкость эмульсии, %	98,00	99,85	98,20	98,70	99,10	98,35	98,85	99,25

Т а б л и ц а 12

Результаты органолептической оценки майонез № 2

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,50
Внешний вид	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,00
Запах	0,6	5	5	4	5	4	5	5	5	4,75	2,85
Вкус	0,9	5	5	5	4	4	5	5	5	4,75	4,28
Итого	3,0	20	20	19	19	18	20	20	20	18,85	14,63

Результаты органолептической оценки трёх образцов бесхолестеринового майонеза свидетельствуют об их приемлемости.

Разработанная методика определяет качество образцов, изготовленных по рецептурам 5 и 8, как отличное, так их суммарная оценка более 13, но менее 14 баллов. Образец 2 обладает превосходным качеством (суммарная оценка составляет 14,63 баллов).

Анализ органолептических данных и стойкости эмульсии свидетельствует о том, что качество бесхолестеринового майонеза было признано наилучшим при использовании в качестве эмульгирующего компонента изолята рыбного белка из мяса сайки. Изменение уровня качества в образцах представлено на рисунке 9.

Оптимальная рецептура бесхолестеринового майонеза на основе изолята рыбного белка из мяса сайки представлена в таблице 15.



Рисунок 9. Изменение уровня качества в образцах № 2, 5, 8

Технологическая схема получения бесхолестеринового майонеза на основе изолята из мяса сайки представлена на рисунке 10.

С целью установления сроков годности продукта, была изготовлена партия бесхолестеринового майонеза, которую направили на хранение при температурном режиме от 3 до плюс 5 °С.

Т а б л и ц а 13

Результаты органолептической оценки майонез № 5

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	4	4	5	5	4	4	5	4,50	3,15
Внешний вид	0,8	4	5	5	4	5	5	5	5	4,75	3,80
Запах	0,6	5	5	4	5	4	5	5	5	4,75	2,85
Вкус	0,9	5	4	4	4	4	5	5	5	4,50	4,05
Итого	3,0	19	18	17	18	18	19	19	20	18,50	13,85

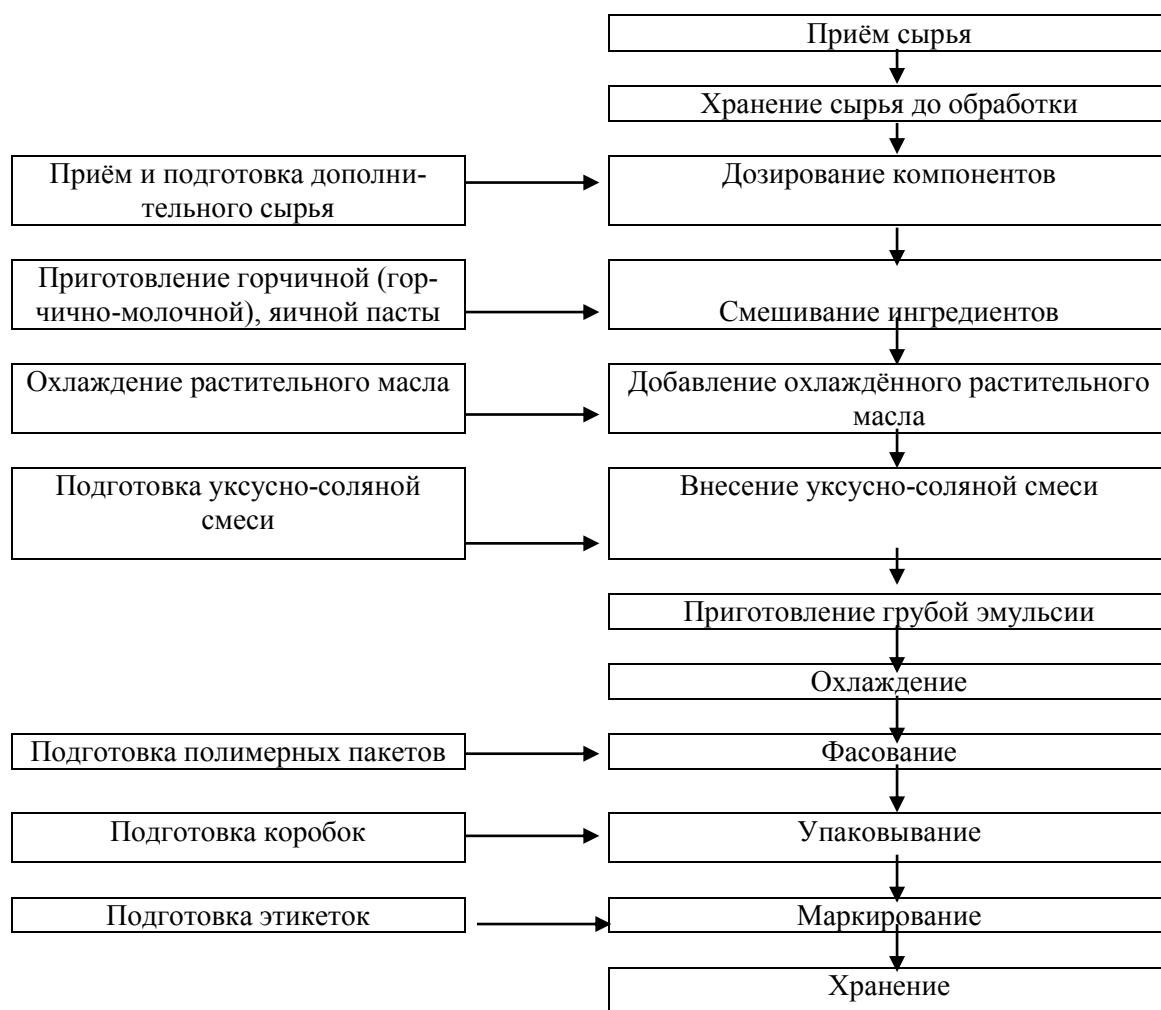


Рисунок 8. Технологическая схема производства майонеза периодическим способом

Т а б л и ц а 14

Результаты органолептической оценки майонез № 8

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	4	5	5	5	4	4	5	4,63	3,24
Внешний вид	0,8	5	4	5	5	4	5	5	4	4,63	3,70
Запах	0,6	4	5	4	5	4	4	5	5	4,50	2,70
Вкус	0,9	4	4	5	4	5	5	4	4	4,38	3,94
Итого	3,0	18	17	19	19	18	18	18	19	18,14	13,58

Т а б л и ц а 15

Рецептура бесхолестеринового майонеза

Наименование компонента	Белковый изолят (влажностью 50 %)	Масло растительное	Соль	Сахар-песок	Горчица	Уксус (9%)
Массовая доля компонента, %	41,06	52,08	0,70	1,80	0,70	3,00

Перед изготовлением майонеза проводили микробиологические исследования сырья, фарша из мяса сайки, изолята белка из мяса сайки. Представленные образцы были признаны соответствующими СанПиН 2.3.2.1078-2001.

Непосредственно после изготовления и в процессе хранения через 10, 20, 30 и 39 суток проводили органолептические, физико-химические и микробиологические исследования готового продукта - майонеза бесхолестеринового.

Изменение физико-химических показателей майонеза на основе изолированного белка из мяса сайки представлено в таблице 16.

Результаты органолептической оценки бесхолестеринового майонеза на основе изолированного белка из мяса сайки в день выработки и на 39-сутки хранения представлены в таблицах 17 и 18 соответственно.

Результаты органолептической оценки образцов бесхолестеринового майонеза в день выработки и на 39-сутки свидетельствуют об их приемлемости. Наблюдается незначительное ухудшение уровня качества от 98,87 до 98,07 %.

В процессе хранения опытной партии бесхолестеринового майонеза при температуре наблюдаются высокие качественные характеристики продукта в течение 39-суточного хранения как субъективных (органолептика), так и объективных показателей. Анализ микробиологических показателей свидетельствует о росте количества мезофильно аэробных и

факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) от $4,5 \cdot 10^2$ до $7,8 \cdot 10^3$ КОЕ/г, что не превышает соответствующую норму ($1 \cdot 10^4$).

По результатам проведённых исследований качества нового продукта в процессе хранения установлены следующие сроки его годности: при температуре от 3 до плюс 5 °С до - 30 суток. По ряду объективных причин готовый продукт был снят с дальнейшего хранения.

Разработанная технология изготовления изолированного белка из мяса сайки (полярной тресочки) и созданная на этой основе технология бесхолестеринового майонеза могут быть использованы на предприятиях рыбоперерабатывающей промышленности различных форм собственности.

По результатам научно-исследовательских работ был разработан проект нормативной документации по производству бесхолестеринового майонеза на основе изолята рыбного белка (ТУ и ТИ).

Фотография нового продукта представлена на рисунке 11.



Рисунок 10. Технологическая схема производства бесхолестеринового майонеза на основе мяса сайки

Физико-химические показатели майонеза на основе изолированного белка из мяса сайки

Наименование показателя	Значение показателя по НД	Срок хранения продукта, день				
		0	10	20	30	39
ПЧ, ммоль активного кислорода/кг	не более 10	2,40	2,60	2,62	2,74	2,74
Протеин, %	-	20,53	-	-	-	-
Массовая доля влаги, %	-	24,60	-	-	-	-
Массовая доля жира %	от 40 до 55	52,08	-	-	-	-
Массовая доля поваренной соли, %	от 0,5 до 0,9	0,70	-	-	-	-
Кислотность в пересчёте на уксусную кислоту, %	не более 1,0	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63
Стойкость эмульсии, %	не менее 98	99,9	99,9	99,8	99,6	99,6

Т а б л и ц а 17

Результаты органолептической оценки майонеза в день выработки

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,50
Внешний вид	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,00
Запах	0,6	5	4	5	5	5	5	5	5	4,88	2,93
Вкус	0,9	5	5	5	4	5	5	5	5	4,88	4,40
Итого	3,0	20	19	20	19	20	20	20	20	19,76	14,83

Т а б л и ц а 18

Результаты органолептической оценки майонеза на 39-сутки

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,50
Внешний вид	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,00
Запах	0,6	5	5	5	4	5	5	5	5	4,88	2,93
Вкус	0,9	4	5	5	5	4	5	5	5	4,75	4,28
Итого	3,0	20	19	20	19	20	20	20	20	19,76	14,71



Рисунок 11. Бесхолестериновый майонез на основе изолированного белка из мяса сайки

Разработка технологии мясорыбных сосисок с использованием изолята из мяса путассу. Варёные мясные колбасные изделия пользуются большой популярностью у населения благодаря их приятному вкусу, нежной консистенции, высокой пищевой ценности (прежде всего, за счёт большого содержания полноценных белков). Традиционные мясные варёные колбасы, сосиски и сардельки, несмотря на все их достоинства, имеют и ряд не-

достатков, в том числе высокую себестоимость мясного сырья, большое содержание насыщенных жиров, некоторое присутствие токсичных продуктов пиролиза древесины, в т.ч., в ряде случаев – и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов. Решение экономической составляющей в настоящее время преимущественно связано введением в рецептуру колбас соевого белка, усилителей вкуса и стабилизаторов консистенции вместо значительной части мясной составляющей. Тем не менее, такой подход нельзя назвать безупречным: во-первых, соевый белок имеет принципиально другую природу, он может вызывать аллергии, во-вторых, значительная часть соевого белка, присутствующего на рынке, была получена из генетически модифицированной сои, и даже если не обращать внимание на гипотетическую опасность белка генетически модифицированных организмов, то нужно помнить, что генная модификация сои проводилась, прежде всего, для обеспечения возможности применения гербицида глифосфата, который, по последним данным, может

обладать токсичным и даже канцерогенным действием [8]. Решением этих недостатков может быть применение сырья водного происхождения в рецептуре варёных колбасных изделий. Липиды гидробионтов обладают высокой биологической ценностью, предотвращают риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и, таким образом, компенсируют потенциальный вред жиров наземных животных. Белок рыбы является полноценным животным белком, т.е. его природа не очень сильно отличается от мясного белка, который потребитель ожидает найти в мясных колбасных изделиях.

Первоначальные разработки предполагали внесение жира печени трески в рецептуру колбасных изделий. На данном этапе было вы-

явлено, что для стабилизации консистенции следует использовать картофельный крахмал и яичный желток. Следующий этап предполагал внесение в рецептуру изделий рыбной белковой составляющей. Было разработано три варианта технологии мясорыбных сосисок: с использованием жира печени трески и фарша минтая, жира печени трески и рыбного белкового изолята (РБИ) на основе мяса путассу; бланшированного полуфабриката печени трески [9] и РБИ на основе мяса путассу. Наилучшие оценки на дегустациях показал последний вариант. Технологическая схема производства мясорыбных сосисок, получивших название «Спасательный круг», представлена на рисунке 11, а рецептура приведена в таблице 18.

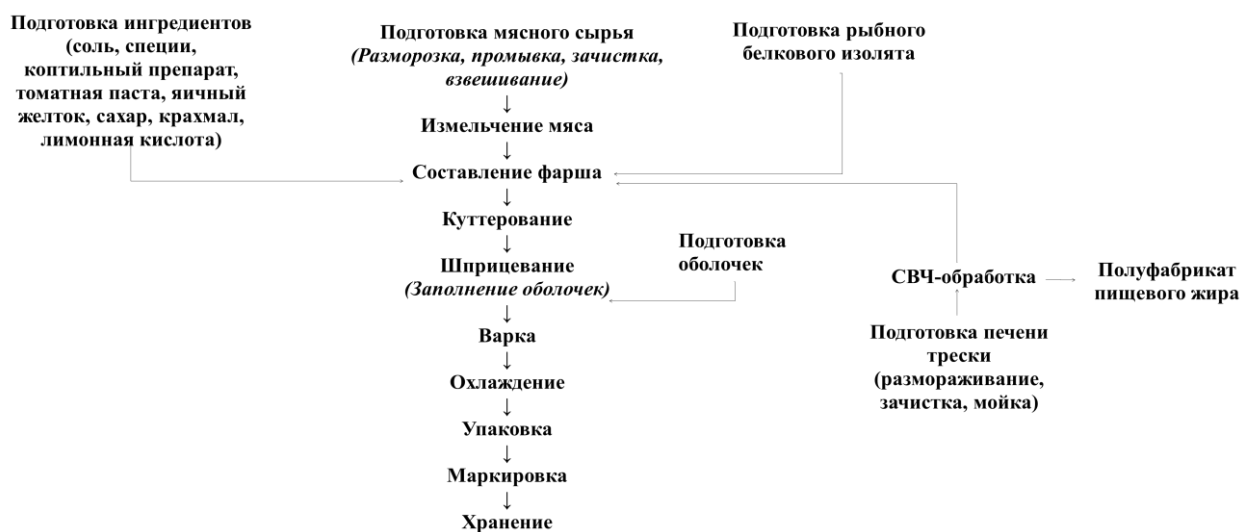


Рисунок 11. Технологическая схема производства сосисок «Спасательный круг»

Т а б л и ц а 18
Рецептура сосисок «Спасательный круг»

Компонент рецептуры	Количество, г/100 г несоленого сырья
Свинина жилованная	65
Изолят белковый рыбный	10
Печень трески бланшированная	7
Крахмал картофельный	8
Соль поваренная пищевая	2
Черный перец	0,2
Душистый перец	0,2
Сахар-песок	0,1
Паста томатная	10
Яичный желток	20
Копильный препарат	1 (1:10)
Лимонная кислота	0,5

Вносимые в рецептуру томатная паста и лимонная кислота обеспечивали некоторое цветообразование без добавления нитрита натрия,

который обладает токсичными свойствами и может приводить к образованию канцерогенных N-нитрозаминов. В качестве копильного препарата использовался препарат Antonio Silver, содержащий очень малое (следовое) количество полициклических ароматических углеводородов [10]. Таким образом, полученный продукт можно считать соответствующим принципам здорового питания в предположении, что он будет употребляться в пищу не самостоятельно, а в сочетании с продуктами, богатыми пищевыми волокнами. Изготовленные таким образом сосиски получили высокую оценку на дегустациях, проводимых на кафедре ТПП.

Выводы:

1. Разработан способ изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья - сайки (полярной тресочки) и на основе ИРБ создана технология бесхолестеринового майонеза, имеющего повышенные качественные характеристики.

2. Обоснована целесообразность применения щелочно-кислотного гидролиза с целью получения рыбного изолята, для увеличения выхода белка, обладающего ценными функциональными свойствами (стабилизация эмульсий, гелеобразующие свойства, водорастворимость).

3. Определены наиболее значимые технологические факторы, влияющие на выход и физико-химические показатели изолята рыбного белка из мяса сайки - параметры процесса промывания фарша и процесса гидролиза.

4. Получено уравнение регрессии процесса гидролиза, описывающее влияние изменения температуры выдерживания и pH суспензии на наиболее значимые показатели качества - массовую долю белка, выход изолята (по фаршу), растворимость изолята.

5. Методом математической обработки установлены оптимальные значения факторов, влияющих на качество изолята рыбного белка в процессе гидролиза, $t = 98^\circ\text{C}$ и $\text{pH} = 11,75$.

6. Определено оптимальное количество промывочных циклов для мяса сайки, составляющее 4 - для сайки со сроком хранения до четырех месяцев, 6 - со сроком хранения более четырех месяцев.

7. Проведён анализ изолята, изготовленного на основе установленных оптимальных технологических параметров, по комплексу органолептических, физических, химических и микробиологических показателей.

8. Разработана рецептура изготовления бесхолестеринового майонеза, с выбором в качестве основного эмульгирующего компонента изолята белка из мяса сайки, на основе проведённых физико-химических и сенсорных исследований.

9. Подтверждена высокая эмульгирующая способность изолята рыбного белка в мелкодисперсной эмульсии типа «масло в воде» - при повышении массовой доли изолята на 0,6 %, эмульгирующая способность повышается на 1,85 %.

10. По результатам комплексных исследований бесхолестеринового майонеза в процессе длительного хранения установлен срок годности продукта -30 суток при температуре от 3 до 5°C .

11. Разработан проект Технических условий на «Бесхолестериновый майонез на основе белка из мяса сайки» и проект Технологической инструкции на его изготовление.

12. Разработана технология сосисок мясорыбных «Спасательный круг» на основе нежирной свинины, печени трески и рыбного белкового изолята.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гроховский В. А. Научное обоснование и разработка инновационных технологий производства продуктов из гидробионтов Арктического региона: дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 : защищена 21.12.2012 : утв. 29.04.2013. Мурманск, 2012. 362 с.

2 Различия разновидностей протеина (изолят, концентрат, сывороточный, казеин) [Электронный ресурс] // LifeInSoul.ru. Режим доступа: <http://lifeinsoul.ru/read/razlichiya-raznovidnostey-proteina-izolyat-kontsentrat-syvorotochnyy-kazein>.

3 Решетников М. Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: учеб. пособие. Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2000. 231 с.

4 Gholam R. S. Evaluation and utilisation of fish protein isolate products. Master thesis in food science. Reykjavik, 2008. 108 p.

5 Пат. 6005073 США, МПК А 23 J 1/02, А 23 J 1/04, А 23 J 3/04. Protein composition isolated from a muscle source / Hultin H.O., Kelleher S.D. № US 19970797929, Заявл. 12.02.1997; Оpubл. 21.12.1999.

6 Быков В. П. Изменение мяса рыбы при холодильной обработке: автолитические и бактериальные процессы. М. : Агропромиздат, 1987. 219 с.

7 Толсторебров И. Н., Ершов А. М. Способ получения фарша заданных характеристик из мелкой рыбы // Вестник МГТУ. 2006. Т. 9. № 4. С. 714–716.

8 Guyton K.Z. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate // The Lancet Oncology. 2015. V. 16. № 5. P. 490–491.

9 Несвященко С. С., Волченко В. И., Темиржанова К. С., Горбонос М. О. и др. Использование печени трески и ее жира в технологии многокомпонентных пищевых продуктов // Вестн. Междунар. акад. холода. 2015. № 1. С. 20–25.

10 Никонова А. С., Иваней А. А. Способ получения копильного препарата с использованием ультразвука [Электронный ресурс] // Наука и образование – 2012: материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. С. 632–635. Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/science/actions/conferences/files/nio2012-9.pdf>.

11 Бараненко Д.А., Салами М. Изменение белковой фракции говядины в цикле «замораживание-хранение-тепловая обработка» // Вестник Международной академии холода. 2014. № 4. с. 15-18.

12 Колодязная В.С., Булькран М.С. Кинетика реакций превращения органических кислот при холодильном хранении цитрусовых плодов Ортаник. // Вестник Международной академии холода. 2014. № 4. с. 22-25.

13 Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П., Крысин А.Г. Оценка зависимости производительности измельчителей мяса от их конструкции и физико-механических свойств сырья. // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. с. 9-15.

REFERENCES

1 Grokhovsky V.A. Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka innovatsionnyh tehnologiy proizvodstva produktov iz gidrobiontov. Diss. doktora techn. nauk [Scientific substantiation and development of innovation technologies of products from Arctic region hydrobionts. Dr. tech. sci. diss.] Murmansk, 2012. 362 p. (In Russ.)

2 Razlichiya raznovidnostej proteina (izolyat, koncentrat, syvorotochnyj, kazein) [Differences of protein kinds: isolate, whey protein, casein]. Available at: <http://lifeinsoul.ru> (Accessed 25 May 2015) (In Russ.)

3 Reshetnikov M. T. Planirovanie e'ksperimenta i statisticheskaya obrabotka dannyh : ucheb. posobie [Experimental planning and statistical data processing], Tomsk, 2000, 231 p. (In Russ.)

4 Gholam R. S. Evaluation and utilisation of fish protein isolate products. Master thesis in food science. Reykjavik, October 2008, 108 p.

5 Hultin H.O, Kelleher S. D. Process for isolating a protein composition from a muscle source and protein composition. U.S. Patent 6,005,073, December 21, 1999.

6 Bykov V.P. Izmenenie myasa ryby pri holidil'noj obrabotke: avtoliticheskie i bakterial'nye process [Fish meat changes during refrigerative storage], Moscow, 1987, 219 p. (In Russ.)

7 Tolstorebrov I.N., Ershov A.M. Spособ polucheniya farsha zadannyh harakteristik iz melkoj ryby [The way to produce the mince with the specified characteristics from small fish], *Vestnik MGTU* [The messenger of the Murmansk State Technical University], vol. 9, no. 4, pp. 714-716. (In Russ.)

8 Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate». *The Lancet Oncology* 16 (5): 490-491. DOI:10.1016/S1470-2045(15)70134-8. ISSN 14702045

9 Nesvyashhenko S.S., Volchenko V.I., Temirzhanova K. S., Gorbonos M.O., Pankratova K. A. Ispol'zovanie pecheni treski i ee zhira v tehnologii mnogokomponentnyh pishhevyyh produktov [Using the cod liver and its oil in the technology of multicomponent food products], *Vestnik mezhdunarodnoy akademii holoda* [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2015, no.1, p. 20-25. (In Russ.)

10 Nikonova A.S, Ivanej A.A. Spособ polucheniya koptil'nogo preparata s ispol'zovaniem ul'trazvuka [The way of producing the smoke preparation using ultrasound] *Nauka i obrazovanie-2012: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Materials of the international scientific and technical conference], Murmansk, 2012, p. 632-635. Electronic resource, registration no. 0321201102 from 20 February 2012 by Informregistr (In Russ.)

11 Baranenko D.A., Salami M. Changes of beef protein fraction in “freezing - storage - heat treatment” cycle. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2014, no 4, pp. 15-18. (In Russ.)

12 Kolodyaznaya V.S., Boulkrane M.S. Transformation's kinetic reaction of organic acids during the cold storage of Tangor (Ortanique). *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2014, no 4, pp. 22-25. (In Russ.)

13 Pelenko V.V., Zuev N.A., Olszewsky R.G., Ivanenko V.P., Krysin A.G. Evaluation of meat grinder performance depending on their design and physical and mechanical properties of raw-material. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2015, no 1, pp. 9-15. (In Russ.)