

На правах рукописи



САМСОНОВ МАКСИМ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СНЕКОВ ИЗ СЫРЬЯ ВОДНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ АСТАКСАНТИНОСОДЕРЖАЩЕГО
БЕЛКОВОГО ГИДРОЛИЗАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ПАНЦИРНЫХ
ОТХОДОВ КРЕВЕТКИ**

05.18.04 Технология мясных, молочных и рыбных
продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Калининград – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Научный руководитель: кандидат технических наук
Винокур Михаил Леонидович

Официальные оппоненты:

Цибизова Мария Евгеньевна – доктор технических наук, профессор, кафедры технологии товаров и товароведения Института рыбного хозяйства, биологии и природопользования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», профессор

Потапова Валерия Александровна – кандидат технических наук, Калининградский казачий институт технологий и дизайна ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского» (филиал), директор

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет»

Защита диссертации состоится 11 декабря 2020 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета Д307.007.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» по адресу: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1, зал заседаний совета (ауд. 256).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

<http://www.klgtu.ru/science/>

E-mail: olga.anohina@klgtu.ru

Факс: 8 (4012) 99-53-46

Автореферат разослан 12.10.2020

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Анохина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г.», утвержденная Правительством РФ —26 ноября 2019 г., предусматривает внедрение новых технологических решений, позволяющих расширить ассортимент выпускаемых продуктов, содержащих необходимые для организма незаменимые аминокислоты, каротиноиды (астаксантин), минеральные вещества, а также полиненасыщенные жирные кислоты (Баранов, 2006; Ипатова, 2009).

Возможное решение поставленной задачи может быть связано с включением в рецептуру пищевого продукта белкового гидролизата, выделенного посредством частичного ферментализации панцирьсодержащих отходов (ПСО). В вырабатываемых ПСО содержатся около 45 % белка в пересчете на сухое вещество, а также биологически активные липидокаротиноидные комплексы (ЛКК), в том числе астаксантин, которые способны соэкстрагироваться при ферментативной обработке вместе с белками (Голубев, 2003; Ильина, 2004; Купина, 2007). Получение белковых гидролизатов является приоритетным направлением переработки ПСО, так как позволяет извлечь ценные компоненты и расширить ассортимент выпускаемой пищевой продукции (Кизеветтер, 1973; Мухин, 2001; Бахолдина, 2008).

Одним из рациональных способов применения таких гидролизатов в технологии пищевых изделий является создание комбинированных рыборастительных продуктов, основным принципом сохранения биологически ценных компонентов которого является ксеробиоз, осуществляемый посредством вакуумного высушивания. Получаемые таким образом изделия являются концентратами нутриентов и относятся к снековой продукции (Цибизова, 2009).

Снеки являются быстрорастущим сегментом пищевой индустрии, что объясняется высокой концентрацией необходимых для организма веществ (например, астаксантина), способных удовлетворять до 30–40 % от суточной потребности организма в них. При ежедневном потреблении снеков, содержащих от 1 до 2 мг астаксантина, улучшается работа сердечно-сосудистой, мочеполовой и иммунной систем организма, а также снижается избыточное кровяное давление (Хуссейн Г., 2006; Гото Х., 2006).

Современные тенденции производства комбинированных снеков также ориентированы на создание привлекательной вкусоароматической композиции, что достигается за счет включения в рецептуру растительных компонентов и, в частности, некоторых бобовых культур (зеленой чечевицы, красной и белой фасолей). Подобное решение позволяет дополнительно обогатить конечный продукт незаменимыми аминокислотами, а также сложными углеводами.

В производстве комбинированных рыборастительных снеков на основе астаксантиносодержащего белкового гидролизата и бобовых культур главной задачей является сохранение биологически ценных веществ (астаксантина) на всех технологических этапах. Однако существующие технологии рыборастительных снеков, включающие белковые гидролизаты, не обеспечивают конечный продукт необходимым содержанием астаксантина.

Степень разработанности темы. Научные основы выделения пищевых белковых гидролизатов из отходов переработки водных биологических ресурсов (ВБР) описываются в многочисленных научных статьях и монографиях как отечественных, так и зарубежных ученых. Ведущие принципы описаны в работах М.П. Андреева, Л.В. Антиповой, В.М. Быковой, В.А. Варламова, Ю.М. Гафурова, В.И. Еремцева, Г.М. Кима, Т.Н. Слуцкой, С.Н. Максимовой, О.Я. Мезеновой, С.В. Немцева, К.Г. Скрябина, Б.К. Симпсона, Н.Д. Равлингса, М.Е. Цибизовой, А. П. Черногорцева и др. Применение рыбных гидролизатов в составе основного компонента рецептуры пищевых продуктов рекомендовали Л.В. Антипова, В. Д. Богданов, А. Веинберг, В.Н. Голубев, Н. Кавано, О.Я. Мезенова, Л.Г. Ипатова, Л. Роуссел, Л.Я. Телишевская и др.

Тем не менее, проблемы выделения из ПСО обезвоженного пищевого гидролизата и его дальнейшего применения в технологии производства астаксантиноскодержажих рыбораствительных снеков, обладающих приемлемой вкусоароматической композицией, до конца не изучены.

Цель и задачи работы. Целью диссертационной работы являлось повышение эффективности использования панцирьскодержажих отходов варено-мороженой креветки путем их ферментативного гидролиза и получение снеков на основе обезвоженного белкового гидролизата.

Для достижения поставленной цели предстояло решить следующие задачи.

1. Исследовать химический состав гидролизатов ПСО, выделенных с использованием протосубтилина ГЗх и сериновых протеиназ животного происхождения.

2. Изучить возможное влияние на гидролиз ПСО предварительного гидромеханического удаления мягкого эпителия панциря и процесса его измельчения.

3. Обосновать дозировку фермента и продолжительность гидролиза ПСО с точки зрения выхода целевых компонентов.

4. Предложить технологию пищевого белкового гидролизата из панцирьскодержажих отходов вареной северной креветки.

5. Определить рациональное соотношение компонентов рецептуры комбинированных снеков с учетом их органолептических характеристик.

6. Разработать технологию комбинированных снеков с использованием обезвоженного белкового гидролизата и растительного сырья бобовой группы – зеленой чечевицы, красной и белой фасолей.

7. Изучить химический состав, показатели безопасности комбинированных снеков, а также установить сроки их годности.

8. Разработать соответствующую техническую документацию.

Научная новизна работы. Научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования трехступенчатого гидролиза в технологии переработки ПСО северной креветки, что позволяет извлекать до 86 % протеина, 97 % астаксантина и 94 % липидов от их общего содержания в панцирном сырье.

Изучена степень извлечения органических компонентов на различных этапах технологического процесса переработки ПСО: при гидромеханической обработке извлекается до 25,8 % протеина, 53,1 % липидов и 35,6 % астаксантина; на первой ступени гидролиза извлекается до 34,9 % протеина, 25,5 % липидов и 31,7 % астаксантина; на второй ступени гидролиза до 24,8 % протеина, 15,6 % липидов и 29,8 % астаксантина от общего содержания в ПСО.

Исследованы показатели качества белкового гидролизата, полученного посредством трехступенчатого гидролиза ПСО – содержание астаксантина 9,6 мг/100 г и белка 80,9 г/100 г, биологическая ценность белка 67,3 %, а также установлена продолжительность хранения. Определены показатели химической и микробиологической безопасности белкового гидролизата, выделенного из ПСО вареной северной креветки.

Научная новизна подтверждена патентом RU № 2690470 «Способ производства рыборастворительных крипсов» (в соавторстве с М.Л. Винокуром).

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработана технология получения пищевого астаксантиносодержащего белкового гидролизата из ПСО с использованием фермента протосубтилина ГЗх и комбинированных снеков, произведенных на основе обезвоженного астаксантиносодержащего белкового гидролизата и растительных компонентов бобовой группы. Установлена возможность получения гармоничного профиля вкуса снеков при использовании гидролизата за счет применения бобовых культур в качестве основных компонентов. Изучены показатели качества комбинированных снеков – аминокислотные и химические составы, показатели микробиологической безопасности, а также проведена их органолептическая оценка. На основе полученных экспериментальных данных разработан комплект технической документации (технические условия (ТУ) 10.89.14-295-00472093-2018 «Каротинопротеиновый концентрат», ТУ 10.20.31-296-00472093-2018 «Продукт от разделки варено-мороженых креветок», ТУ 10.85.12007-00471544-2018 «Белково-растительные крипсы» и соответствующие технологические инструкции). Разработанная технология снеков апробирована в производственных условиях ИП «Шалаев В.С.» (Калининградская обл., п. Озерки). Показана экономическая эффективность внедрения новых разработок в производство.

Методология и методы исследований базируются на комплексном подходе к постановке эксперимента при использовании общенаучных и специальных методов, упоминаемых в современных научных публикациях, посвященных данной тематике.

Положения, выносимые на защиту:

1) Способ получения пищевого астаксантиносодержащего белкового гидролизата из ПСО с использованием предварительного гидромеханического удаления части белков и липидов, частичного протеолиза препаратом, относящимся к классу микробных протеиназ, с последующим осаждением белковой массы и вакуумной сушкой;

2) Показатели качества и сроки годности пищевого белкового гидролизата;

3) Рациональное соотношение белкового гидролизата и растительных компонентов семейства бобовых в рецептуре снеков;

4) Показатели качества и сроки годности комбинированных снеков.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования подтверждена не менее трехкратной повторяемостью опытов с применением стандартных и общепринятых химических, микробиологических, физических методов анализа, а также проведением исследований в специализированных лабораториях на современном оборудовании. Статистическая обработка данных проводилась стандартными методами оценки результатов испытаний с помощью программы Microsoft Excel 2012.

Основные положения диссертационной работы представлены в форме докладов на трех международных и одной всероссийской научных конференциях, а именно на: Международной научной конференции IV Международного Балтийского форума «Инновации в технологии продуктов здорового питания» 2016 г.; V Международной научно-практической конференции IV Международного Балтийского форума «Пищевая и морская биотехнология» 2016 г.; I Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, «Дальрыбвтуз» 2016 г.; Международной научной конференции V Международного Балтийского форума «Инновации в технологии получения здорового питания» 2017 г.; Международной научной конференции VI Международного Балтийского форума «Инновации в технологии продуктов здорового питания» 2018 г.

Личный вклад соискателя в проведение исследования в 2015–2019 гг. состоял в формировании цели и задач, разработке технологической схемы исследований, участии в экспериментах, анализе и интерпретации полученных результатов. На защиту вынесены только те положения и результаты научно-практической деятельности, в формировании которых роль соискателя была определяющей.

Научные публикации по теме работы. По материалам научного эксперимента опубликовано 13 работ, из них 4 статьи – в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации, а также получен 1 патент.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, обзора литературы, методической части, результатов и их обсуждения, заключения, списка использованных источников, насчитывающего 232 наименования, в том числе 122 зарубежных авторов, и 12 приложений. Диссертационная работа изложена на 169 страницах. Результаты исследования отображены в 45 иллюстрациях и графических рисунках и 34 таблицах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во «**Введении**» обоснована актуальность выбранной темы исследования, выявлены существующие проблемы, для решения которых сформулированы

цель и задачи данного исследования, обоснована его научная новизна и практическая значимость.

В разделе **1 «Обзор литературы»** проанализированы существующие технологии выделения пищевых белковых гидролизатов из ПСО, а также основные направления их использования в производстве пищевых продуктов.

В разделе **2 «Организация эксперимента и методы исследования»** представлена схема и методы исследования (рис. 1). Объектами исследования являлись механическая и ферментативная обработка ПСО, процессы осаждения продуктов гидролиза ПСО различными агентами, вакуумное обезвоживание получаемых осадков, а также целевого белкового гидролизата. В качестве сырья использовались варено-мороженые панцирьсодержащие отходы северной креветки – панцири головогруды, абдомена и конечности (ТУ 10.20.31–296–00472093–2018). Для ферментативного гидролиза ПСО использовался протосубтилин Г3х 120 ед/мг (ПГ3х) (ГОСТ 23636-90), трипсин 1100 ед/мг (EINECS232-629-3, КАС 9001-75-6 производитель Salus NUTRA INS) и химотрипсин 1200 ед/мг (EINECS232-650-8, ISO 9001 производитель Salus NUTRA INS). В качестве растительного ингредиента использовалась сушеная зеленая чечевица (ГОСТ 7066-77), красная и белая фасоли (ГОСТ 7758-75). Для приготовления раствора хитозана использовался хитозан (молекулярная масса 1526,45 г/моль поставщик ООО «ВИРУД РУС») и щавелевая кислота (ГОСТ 22180-76). Для приготовления раствора использовалось 0,5 г хитозана для 1 кг декантированного гидролизата, разведенного в соотношении 1:4 в растворе воды и щавелевой кислоты (из расчета 1,59 мг на 1 г воды) с рН 5,0 – 5,5. Содержание астаксантина в сырье (ПСО, белковом гидролизате) и снеках устанавливалось посредством предварительной экстракции его растворителями (хлороформ, петролейный эфир, этиловый спирт, ацетон) с последующим определением оптической плотности при длине волны в 490 нм, на фотоэлектроколориметре модели МК2 (Печинский, 2013). Вакуумная сушка осуществлялась в соответствии с характеристиками опытно–промышленной установки ГА–1 – температура источника ИК–излучения (нагревающей пластины) 80–85 ° С, давлении 9 кПа, до конечного содержания воды в 10 %. Показатели микробиологической безопасности определялись по уровню КМАФАнМ (ГОСТ 10444.15), наличию бактерий групп кишечной палочки (ГОСТ 31747), дрожжей и плесневых грибов (ГОСТ 10444.120), золотистого стафилококка (ГОСТ 31746), наличию сульфитредуцирующих клостридий (ГОСТ 29185), а также по содержанию бактерий рода сальмонелла (ГОСТ 31659) и эшерихии коли (ГОСТ 30726). Химический состав (содержание воды, хитина, общего азота, липидов, минеральных веществ) ПСО, белкового гидролизата и снеков определялся по ГОСТ 7636-85. Содержание протеина определялось с учетом коэффициента пересчета в 6,25 (ГОСТ 7636-85). Степень гидролиза (СГ) белка оценивалась по изменению формольно-титруемого азота (ФТА) в растворимой фракции и негидролизованном субстрате. Аминокислотный состав гидролизата и снеков определялся методом капиллярного электрофореза (методика М-04-38-2009). Определение углеводов в снеках осуществлялось согласно ГОСТ 5903-89. Протеолитическая

активность препарата ПГЗх определялась по скорости накопления ФТА. Значения рН определялись по ГОСТ 3377–2016. Определение небелкового азота (НБА) в гидролизате осуществлялось после предварительного осаждения белков трихлоруксусной кислотой по ГОСТ 7636-85. Органолептические исследования проводились по ГОСТ ISO 13299 – 2015, ГОСТ 7631 по специально разработанным пятибалльным оценочным шкалам. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ «Microsoft Office 2012» (Excel).

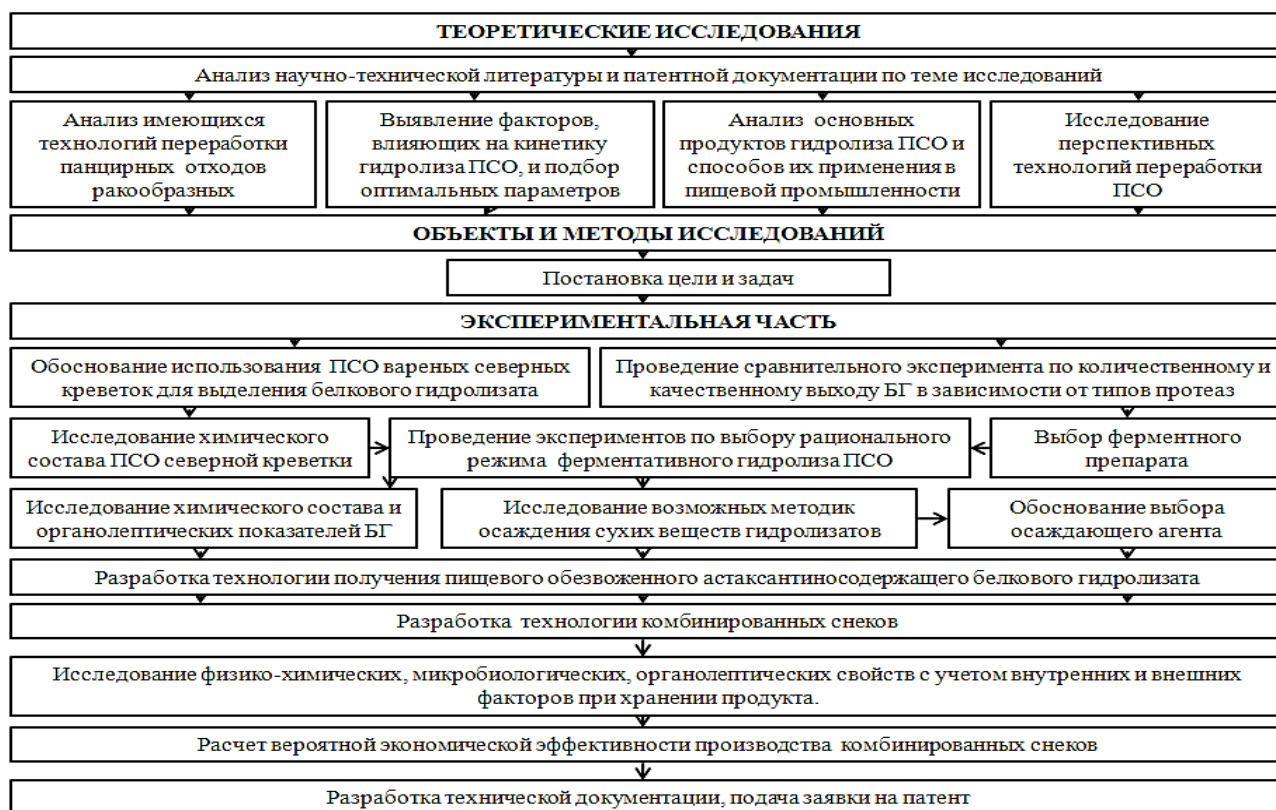


Рисунок 1 – Структурная схема исследовательской работы

Показатели химической безопасности белкового гидролизата определялись по уровню кадмия и свинца (ГОСТ EN 14083-2013), мышьяка (ГОСТ 31707-2012 (EN 14627:2005)), ртути (ГОСТ 53183-2008), стронция–90 (ГОСТ 32163-2013) и цезия–137 (ГОСТ 32161-2013).

В разделе 3 «Результаты исследований и их обсуждение» представлены и обсуждены основные результаты диссертации.

В подразделе 3.1 «Исследование эффективности извлечения белка и липидов из панцирного субстрата с использованием трипсина, химотрипсина и протосубтилина ГЗх» представлены результаты исследования химического состава ПСО (содержание воды 74,0 %, протеина 11,2 %, липидов 5,47 %, минеральных веществ 5,2 %, хитина 4,1 %, астаксантина 0,027 %), а также показатели эффективности извлечения из ПСО протеина, липидов и астаксантина (табл. 1).

Гидролиз ПСО продолжался 240 мин при температуре 37 °С, гидромодуле (соотношение воды и ПСО) 4:1, рН – 7,2 и дозировке фермента ПГЗх – 0,5%, трипсина и химотрипсина – по 0,06% от массы белка субстрата.

Таблица 1 – Степень извлечения основных компонентов из ПСО

Используемые в гидролизатах ферменты	Цена фермента за 1 грамм, руб.	Массовая доля извлекаемых компонентов от общего содержания в ПСО, %		
		Протеин	Астаксантин	Липиды
Протосубтилин ГЗх	0,4	85,6 ± 0,2	97,1 ± 0,2	94,5 ± 0,2
Трипсин	5,5	87,1 ± 0,3	98,1 ± 0,1	95,4 ± 0,1
Химотрипсин	5,9	88,2 ± 0,3	98,2 ± 0,3	95,6 ± 0,2

Установлено, что использование ПГЗх в количестве, равнозначном эквиваленту активности (по казеину) с трипсином, не приводит к значительному различию в уровнях извлечения из ПСО протеина, астаксантина и липидов (табл. 1). Следовательно, применение протосубтилина ГЗх в технологии выделения белкового гидролизата из ПСО позволит снизить себестоимость конечного продукта.

В подразделе 3.2 «Исследование влияния процессов предварительной обработки на гидролиз панцирного субстрата протосубтилином ГЗх» представлены данные по уровню депротеинизации панциря и степени гидролиза белка в отфильтрованной от твердой (хитино-минеральной) части ферментализованной массы, с учетом продолжительности процесса.

В пункте 3.2.1 проанализированы результаты исследований изменения степени гидролиза (СГ) белка (рис. 2), перешедшего в гидролизат, а также интенсивности накопления НБА (рис. 3), оцениваемые как потенциальные потери протеина в рамках используемой технологии. Исследования проводились как при условии предварительного гидромеханического удаления (предварительное измельчение ПСО при гидромодуле 4:1, перемешивание и удаление образовавшейся белково-жировой суспензии) мягкого эпителия панциря, так и без использования данного вида обработки. Гидролиз ПСО продолжался 4,5 ч при температуре 37 °С, гидромодуле 4:1 и дозировке ПГЗх – 0,5 % от массы белка субстрата.

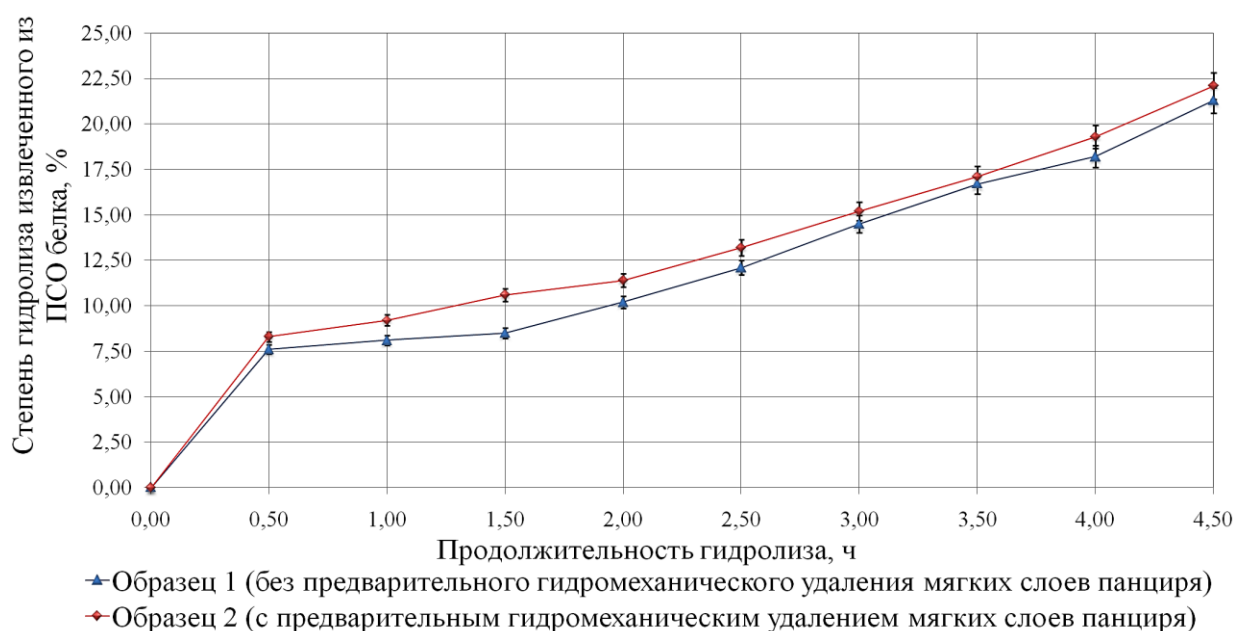


Рисунок 2 – Степень гидролиза белка, перешедшего в гидролизат

Установлено, что удаление у панциря мягкого эпителия оказывает влияние на разницу в СГ гидролизатов (для образца с удаленным эпителием выше), что заметно в течение периода ферментации от 1,0 до 3,0 ч (рис. 2). Следовательно, применение предварительного гидромеханического удаления мягкого эпителия панциря повышает СГ белка гидролизата, что в дальнейшем может способствовать сокращению количества липидов в осаждаемой центрифугированием плотной фракции. Однако это может привести к потере части протеина в форме НБА (рис. 3).

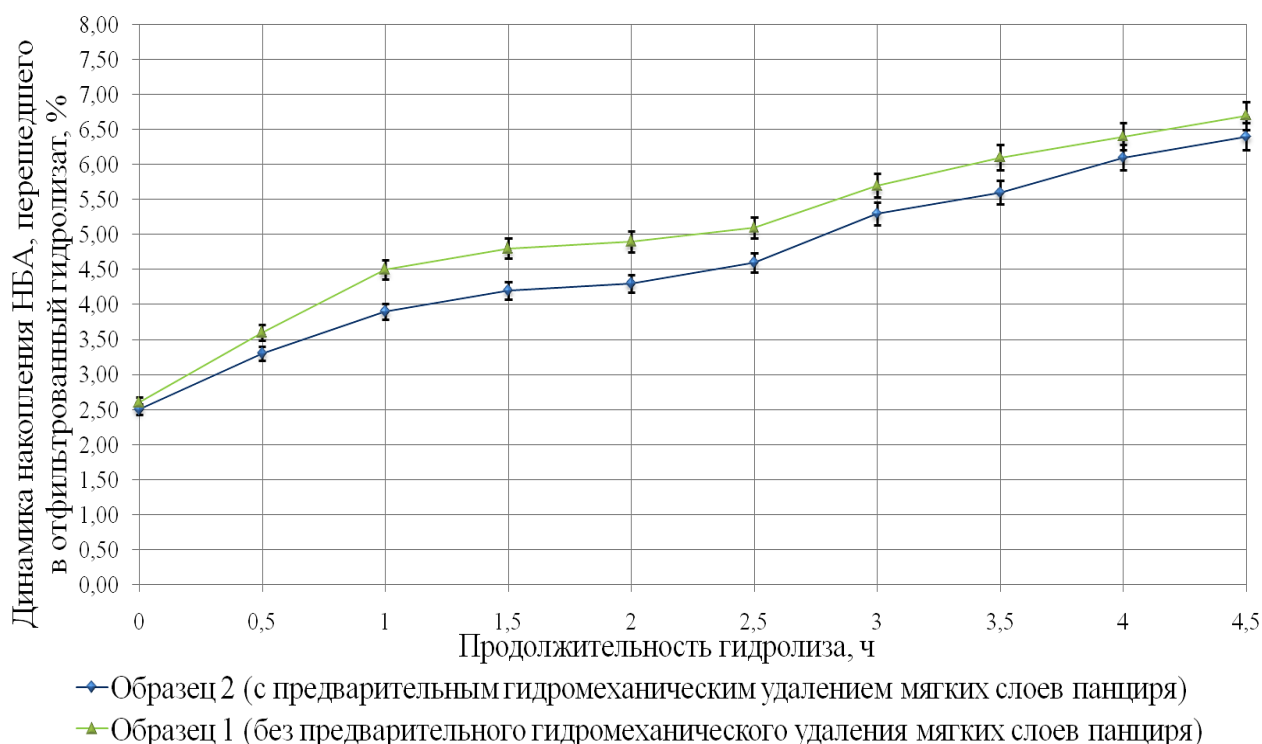


Рисунок 3 – Динамика накопления НБА в ОГ при гидролизе ПСО

Проведена оценка динамики потерь азотосодержащего вещества в виде НБА, выраженного в процентах, от общего количества извлекаемых при гидролизе белковых веществ (рис. 3). Динамика накопления небелкового азота в течение первого часа гидролиза характеризовалась интенсивным накоплением НБА по отношению к ОА для всех образцов (1,40 % в час для Образца 2 и 1,90 % в час для Образца 1). При продолжительности гидролиза от 1,0 до 2,0 ч наблюдалось замедление скорости (0,40% в час) накопления НБА во всех образцах. На интервале от 2,0 до 4,5 ч скорость увеличивается (1,05 % в час для Образца 2 и 0,90 % в час для Образца 1). Результат гидролиза образца 2 после первого часа показал меньшую концентрацию НБА в гидролизате, в сравнении с результатом образца 1. Таким образом, установлено, что в случае задаваемой продолжительности гидролиза от 1,0 до 4,5 ч применение предварительного гидромеханического удаления мягкого эпителия не должно способствовать увеличению доли потерь белка в форме НБА.

В пункте 3.2.2 исследовано влияние механической обработки панциря на интенсивность накопления ОА в отфильтрованном от твердой (хитино-

минеральной) части гидролизате (ОГ) (табл. 2). Было исследовано четыре образца – ПСО неизмельченные с клеточным слоем (ПСО_{НИ}), ПСО неизмельченные без клеточного слоя (ПСО_{БКСНИ}), ПСО измельченные (D_{ПСО} 2–5 мм) с клеточным слоем (ПСО_И), ПСО измельченные (D_{ПСО} 2–5 мм) без клеточного слоя (ПСО_{БКСИ}). Гидролиз ПСО продолжался 240 мин при температуре 37 °С, гидро-модуле 4:1 и дозировке ПГЗх – 0,5 % от массы белка субстрата.

Таблица 2 – Динамика накопления ОА в отфильтрованном от твердой (хитино-минеральной) части гидролизате

Продолжительность гидролиза, ч	Динамика накопления ОА в гидролизате, от начального содержания в ПСО, %			
	Образец с ПСО _{НИ}	Образец с ПСО _И	Образец с ПСО _{БКСНИ}	Образец с ПСО _{БКСИ}
0,0	2,3 ± 0,1	6,5 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,7 ± 0,1
0,5	11,3 ± 0,2	19,1 ± 0,1	0,5 ± 0,4	1,8 ± 0,4
1,0	20,4 ± 0,2	24,3 ± 0,4	1,9 ± 0,3	2,9 ± 0,4
1,5	25,1 ± 0,1	30,1 ± 0,5	3,1 ± 0,5	5,1 ± 0,1
2,0	33,2 ± 0,5	40,3 ± 0,2	5,2 ± 0,1	7,2 ± 0,4
2,5	42,3 ± 0,4	49,2 ± 0,4	6,1 ± 0,2	8,2 ± 0,5
3,0	52,1 ± 0,2	68,9 ± 0,3	6,9 ± 0,4	8,9 ± 0,2
3,5	66,4 ± 0,3	79,9 ± 0,4	7,9 ± 0,5	10,9 ± 0,2
4,0	72,9 ± 0,4	82,5 ± 0,6	11,3 ± 0,1	14,4 ± 0,3
4,5	77,3 ± 0,2	83,3 ± 0,4	12,1 ± 0,2	15,2 ± 0,2

Для образцов ПСО с клеточным слоем динамика накопления ОА в течение первых 4,0 ч характеризуется интенсивным накоплением ОА в ОГ (табл. 2). Дальнейший гидролиз (от 4,0 до 4,5 ч) для образца измельченных ПСО характеризовался замедлением скорости перехода ОА в гидролизат, что объясняется снижением количества легкодоступных белков для более депротеинизированного (за счет предварительной обработке панциря) панциря. В образце неизмельченного ПСО после 4,0 ч (по крайней мере, до 4,5 ч) не наблюдалось снижение скорости накопления ОА в ОГ, что свидетельствует о том, что процесс депротеинизации панциря еще не завершился. В изучаемых образцах ПСО с механически удаленным клеточным слоем не наблюдалось существенных отличий в динамике накопления ОА в гидролизате (табл. 2).

Для определения выхода жира, протеина и астаксантина из ПСО по окончании процесса гидролиза изучен химический состав частично гидролизованных панцирей (табл. 3).

Таблица 3 – Химический состав частично гидролизованных ПСО

Образцы ПСО после гидролиза	Количество протеина в % от начального содержания в панцире	Количество липидов в % от начального содержания в панцире	Количество астаксантина в % от начального содержания в панцире
ПСО _{НИ}	20,3 ± 2,4	17,1 ± 1,2	2,70 ± 0,06
ПСО _{БКСНИ}	16,4 ± 1,9	10,2 ± 1,1	0,11 ± 0,05
ПСО _И	13,1 ± 1,8	6,5 ± 1,4	1,70 ± 0,10
ПСО _{БКСИ}	10,2 ± 2,2	4,2 ± 0,9	0,06 ± 0,03

Данные табл. 3 показывают, что предварительное измельчение способствует повышению извлекаемости из ПСО целевых компонентов – протеина на 6,2–7,2 %, липидов – 6,0–10,2 % и астаксантина до 1,0 %.

В подразделе 3.3 «Обоснование технологии белковых гидролизатов для создания комбинированных снеков» представлена технология выделения астаксантиносодержащего белкового гидролизата с точки зрения рациональности его применения в рецептуре комбинированных снеков.

В пункте 3.3.1 выявлена зависимость между дозировкой фермента и интенсивностью накопления липидов в жидкой (водной) декантированной фракции, а также определена рациональная продолжительность ферментативной обработки ПСО. Подбор дозировки ферментного препарата (ПГЗх) осуществлялся с учетом анализа полученных экспериментальным путем данных по динамике изменения количества липидов в водной фракции, выраженного в процентах к их суммарному количеству в жировой и плотной фракции (табл. 4). Процесс гидролиза продолжался 270 мин при температуре 37 °С. Гидро модуль составил 4:1, скорость вращения ротора центрифуги составила 4000 об/мин в течение 15 мин. Образовавшиеся фракции (жировые, водные и плотные) высушивались в вакуумной установке, после чего в каждой определялось содержание липидов.

Таблица 4 – Динамика накопления липидов в водной фракции

Продолжительность гидролиза, мин	Количество липидов водной фракции от общего количества извлеченного из ПСО жира, % / дозировка ПГЗх, % к массе белка					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0	2,61±0,04	2,41±0,04	2,31±0,02	2,31±0,06	2,42±0,04	2,51±0,05
30	2,92±0,03	2,84±0,02	2,71±0,01	2,85±0,04	2,91±0,01	3,21±0,03
60	3,52±0,01	3,42±0,04	3,22±0,03	3,19±0,03	3,22±0,05	3,33±0,04
90	3,94±0,05	3,82±0,03	3,71±0,01	3,61±0,03	3,53±0,01	3,61±0,02
120	4,32±0,03	4,25±0,04	4,10±0,02	3,95±0,04	3,85±0,02	3,99±0,05
150	4,71±0,04	4,68±0,07	4,62±0,04	4,52±0,08	4,45±0,01	4,65±0,01
180	5,11±0,05	4,87±0,04	4,81±0,04	4,79±0,05	4,75±0,02	4,91±0,03
210	5,15±0,04	5,09±0,04	4,92±0,03	4,91±0,05	4,86±0,03	5,12±0,05
240	5,18±0,01	5,14±0,01	4,99±0,02	4,98±0,08	4,96±0,04	5,22±0,07
270	5,22±0,04	5,15±0,05	5,11±0,02	5,09±0,04	5,05±0,05	5,25±0,04

Из табл. 4 видно, что, начиная с 90-й до 120-й минуты гидролиза ПСО, при дозировке фермента 0,7% наблюдается уменьшенная доля липидов, переходящих в водную фракцию. Дальнейший гидролиз характеризовался увеличением содержания липидов в водной фракции.

Определение рациональной продолжительности ферментативной обработки ПСО осуществлялось на основе данных о фракционном распределении липидов, астаксантина и протеина (табл. 5) при дозировке ПГЗх в 0,7% (от массы белка ПСО) и вышеописанных параметрах гидролиза.

Таблица 5 – Показатели распределения компонентов в ОГ после центрифугирования в зависимости от продолжительности процесса гидролиза ПСО

Фракции	Компоненты гидролиза	Количество извлекаемых протеинов, липидов и астаксантина от общего содержания в гидролизате, % / продолжительность гидролиза, мин									
		20 / 0	45 / 30	50 / 60	60 / 90	70 / 120	76 / 150	79 / 180	83 / 210	87 / 240	91 / 270
Жировая фракция	Протеин	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Липиды	81,6 ± 1,2	82,3 ± 2,2	83,6 ± 2,3	83,4 ± 3,5	87,8 ± 0,4	85,4 ± 3,9	84,6 ± 2,4	84,1 ± 2,1	80,0 ± 3,6	86,8 ± 2,3
	Астаксантин	47,3 ± 2,1	49,0 ± 1,6	49,2 ± 1,4	49,1 ± 2,1	49,0 ± 2,1	50,1 ± 2,5	51,1 ± 3,2	51,8 ± 2,6	53,0 ± 2,4	57,1 ± 3,1
Водная фракция	Протеин	1,4 ± 0,2	2,1 ± 0,3	2,3 ± 0,3	2,9 ± 0,3	2,9 ± 0,3	3,5 ± 0,6	5,5 ± 0,3	8,4 ± 1,1	15,5 ± 1,1	18,4 ± 1,1
	Липиды	2,3 ± 0,6	3,4 ± 1,1	3,6 ± 0,5	4,1 ± 0,6	4,2 ± 0,4	7,4 ± 0,9	8,5 ± 1,2	8,8 ± 0,7	8,6 ± 0,3	8,6 ± 0,4
	Астаксантин	4,4 ± 0,2	4,5 ± 1,2	4,4 ± 0,6	4,5 ± 0,3	4,9 ± 0,8	4,3 ± 0,3	6,7 ± 1,1	7,1 ± 0,4	8,4 ± 0,5	8,5 ± 0,6
Плотная фракция	Протеин	98,6 ± 0,9	97,9 ± 3,1	97,7 ± 2,4	97,1 ± 3,4	97,1 ± 2,5	96,5 ± 4,1	94,5 ± 1,5	91,6 ± 1,9	84,5 ± 2,7	81,6 ± 3,4
	Липиды	16,1 ± 0,8	14,3 ± 1,2	13,1 ± 1,1	11,9 ± 1,2	9,1 ± 1,1	8,2 ± 0,5	7,9 ± 1,1	7,1 ± 0,3	6,4 ± 0,6	6,1 ± 0,9
	Астаксантин	48,3 ± 3,1	46,5 ± 3,1	46,4 ± 2,4	46,4 ± 2,4	46,1 ± 2,7	45,6 ± 2,3	42,2 ± 3,1	41,1 ± 2,6	38,6 ± 1,4	34,4 ± 2,1

На основании данных табл. 5 установлено, что продолжительность в 120 мин является рациональной, так как при дальнейшем гидролизе увеличиваются потери протеина, липидов и астаксантина за счет их перехода в водную фракцию гидролизата. По завершении 120 мин гидролиза примерно 20–35 % протеина, астаксантина и липидов не удается перевести в целевые продукты. Для повышения выхода вышеобозначенных компонентов из ПСО предлагается повторная ферментативная обработка плотного остатка ПСО.

В пункте 3.3.2 представлены результаты по подбору рационального режима тепловой инактивации ПГЗх и вакуумного обезвоживания плотной фракции (белкового гидролизата). Для получения конечного продукта (пищевого белкового гидролизата) плотная фракция высушивалась после предварительной инактивации фермента.

Продолжительность тепловой инактивации фермента определялась исходя из анализа влияния температуры на активность ПГЗх, оцениваемую по накоплению ФТА (рис. 4 А), и различиям в остаточном содержании астаксантина в белковом гидролизате (плотной фракции) (рис. 4 Б).

Процесс тепловой инактивации фермента ПГЗх осуществлялся посредством инфракрасной обработки при температурах: 65 °С, 70 °С, 75 °С, 80 °С, 85 °С и 90 °С.

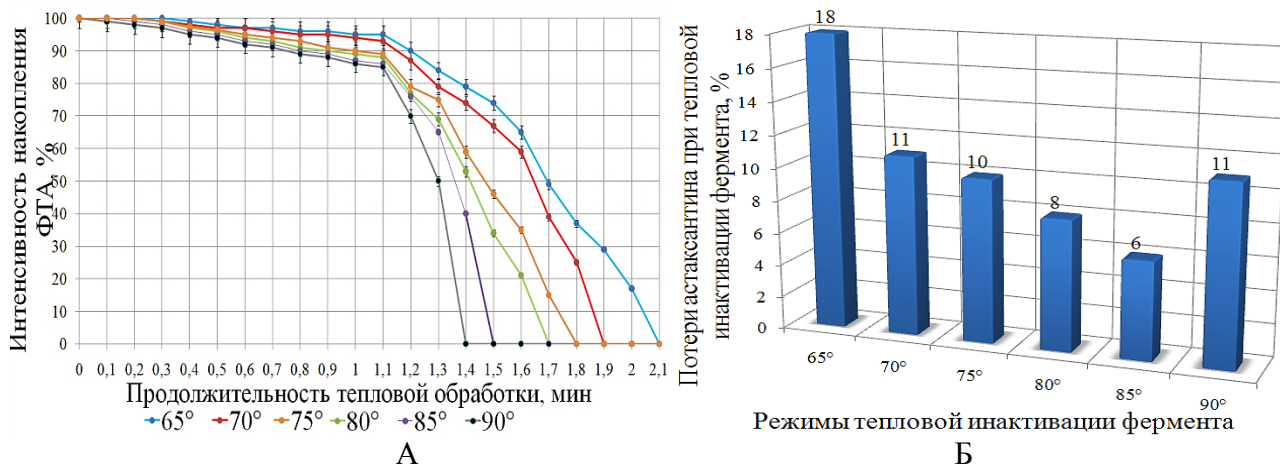


Рисунок 4 – Влияние тепловой обработки на скорость накопления ФТА (А) и на концентрацию астаксантина (Б) в белковом гидролизате (плотной фракции)

Анализ полученных данных (рис. 4) позволил установить рациональные режимы инактивации ПГЗх в плотной фракции: температура 85 °С в течение 1,5 мин (образец 5). Это обеспечивает низкую долю потерь астаксантина (6 % от начального содержания в плотной фракции).

В пункте 3.3.3 предложена технология выделения пищевого БГ из ПСО (рис. 5) и результаты исследований его химического состава.

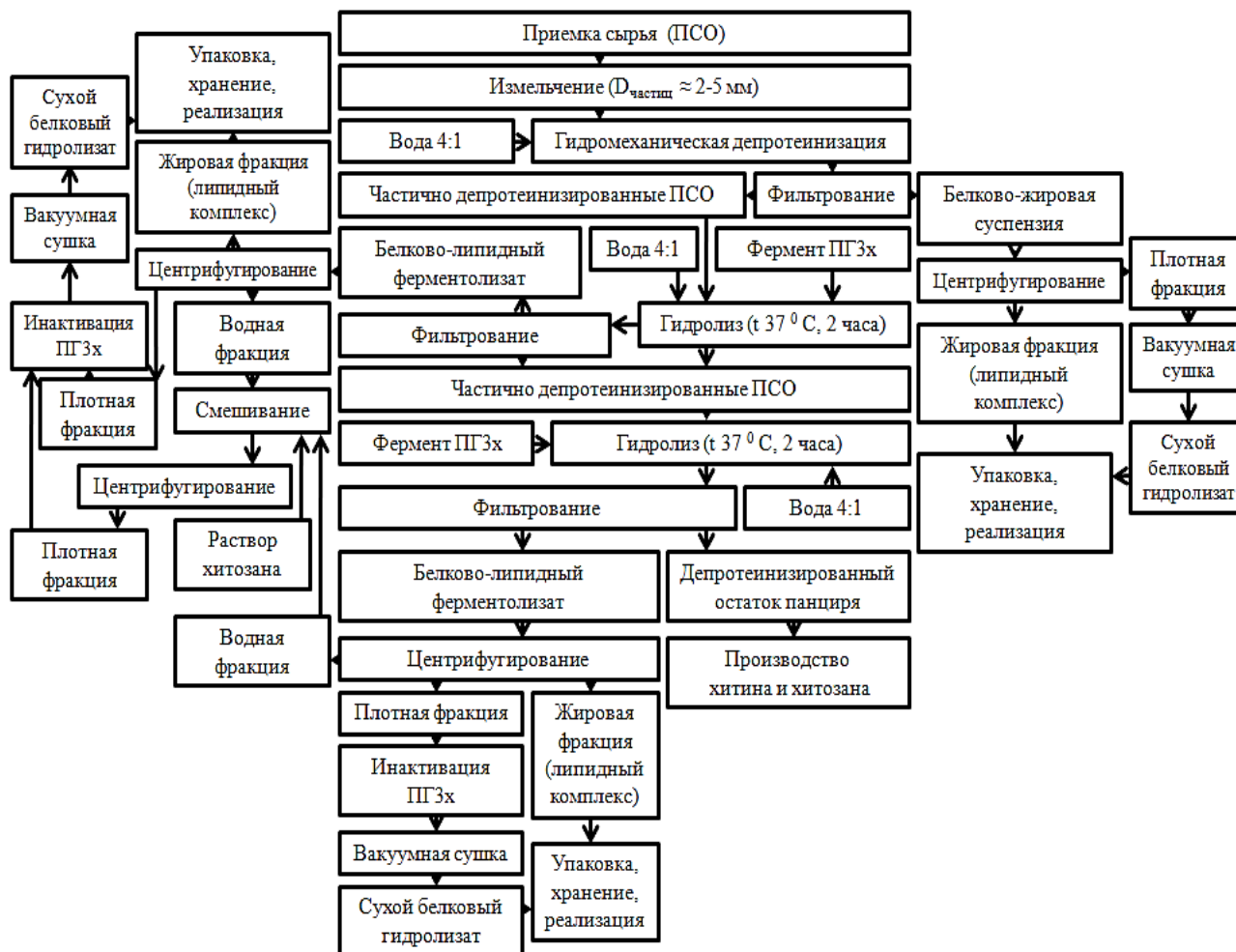


Рисунок 5 – Технология сухого белкового гидролизата

Предложенная технология (рис. 5) основывается на однократной гидромеханической и двукратной обработке с использованием фермента. Панцирьсо-держащие отходы измельчают, проводят гидромеханическую депротеинизацию, после чего оставшийся твердый остаток подвергают двукратному ферментированию. Первая ступень гидролиза продолжается в течение 120 мин, при температуре 37 ° С, гидромодуле 4:1, дозировке ПГЗх 0,7 % от массы белка ПСО (0,5 – 0,7 г на 1 кг ПСО). Продолжительность центрифугирования ОГ – 15 мин при 4000 об/мин. Вторая ступень гидролиза проводится при тех же условиях. Дозировка ПГЗх составила 0,7 % от массы оставшегося в ПСО белка (0,3 – 0,4 г на 1 кг ПСО). Вакуумное обезвоживание плотных фракций осуществлялось в течение 80 мин. Осаждение сухих веществ декантированного гидролизата осуществлялось раствором хитозана.

Особенностью разработанной технологии (рис. 5) является увеличенный выход протеина, липидов и астаксантина из ПСО с применением ферментного препарата микробного происхождения, без использования операций деминерализации и сушки жидкой фракции гидролизата. При гидролизе ПСО в предложенной технологии также выделяются липидокаротиноидные комплексы, которые могут быть использованы при изготовлении различных пищевых биологически активных добавок.

Предложенный способ обработки ПСО позволяет обеспечить суммарный выход (в виде липидно-каротиноидного комплекса и белкового гидролизата) до 85 % протеина, 97 % астаксантина и 94 % липидов от их общего содержания в ПСО (табл. 6).

Таблица 6 – Степень суммарного (в виде белковых гидролизатов и липидокаротиноидного комплекса) извлечения органических компонентов на различных этапах технологического процесса переработки ПСО

Извлекаемые компоненты	Массовая доля компонента, % от начального содержания в ПСО		
	Гидромеханическая депротеинизация	Первая ступень гидролиза	Вторая ступень гидролиза
Протеин	25,8 ± 3,2	34,9 ± 2,4	24,8 ± 2,1
Липиды	53,1 ± 2,1	25,5 ± 0,5	15,6 ± 0,9
Астаксантин	35,6 ± 3,2	31,7 ± 1,5	29,8 ± 1,6

Исследование характера распределения компонентов на различных технологических этапах гидролиза показало, что наибольший выход липидов наблюдается во время гидромеханической обработки – до 53,1 % от общего содержания в ПСО, а максимальное извлечение протеинов из ПСО происходит на первой ступени ферментативного гидролиза – 34,9 % (табл. 6).

Результатом использования технологии переработки ПСО являются четыре типа БГ с разной концентрацией выделяемых компонентов (табл. 7).

Таблица 7 – Химический состав белковых гидролизатов

Показатели	Содержание в белковом гидролизате, %				
	Смешанный белковый гидролизат	Белковый гидролизат суспензии	Белковый гидролизат первой ступени	Белковый гидролизат второй ступени	Белковый гидролизат, осажденный хитозаном
Протеин	80,90 ± 3,21	80,80±3,42	81,10 ± 3,61	81,30 ± 4,11	80,90 ± 2,12
Липиды	2,40 ± 0,24	2,80 ± 0,21	2,20 ± 0,12	1,90 ± 0,15	2,70 ± 0,31
Минеральные вещества	6,20 ± 0,21	5,90 ± 0,22	6,20 ± 0,31	6,30 ± 0,21	6,10 ± 0,16
Вода	10,01 ± 0,12	10,00 ± 0,11	10,02 ± 0,11	10,01 ± 0,15	10,03 ± 0,12
Астаксантин	0,009±0,001	0,010±0,002	0,009±0,001	0,008±0,001	0,011± 0,002

Анализ данных табл. 7 показал, что все образцы БГ содержат астаксантин (от 8×10^{-3} % до 11×10^{-3} % общей массы). Обезвоженные белковые гидролизаты, выработанные на первой и второй ступени, характеризуются содержанием астаксантина 9×10^{-3} % и 8×10^{-3} % общей массы.

Белковые гидролизаты, полученные из водных фракций и суспензии, содержат от 2,7 % до 2,8 % липидов, однако и содержание астаксантина в них выше по сравнению с гидролизатами первой и второй ступени, что объясняется большим количеством растворенных в липидах каротиноидов.

Дальнейшие исследования проводились с БГ, полученным в результате равнопропорционального (25 : 25 : 25 : 25) смешивания всех четырех образцов БГ. Однако каждый из выработанных БГ может использоваться при производстве пищевого продукта, в зависимости от особенностей его химического состава и требуемых товароведческих характеристик.

В подразделе 3.4 «Обоснование технологии комбинированных снеков» обоснована технология производства формованных сушеных снеков на основе белкового гидролизата и растительного сырья бобовой группы. Применение в рецептуре снеков растительного сырья (зеленая чечевица, красная и белая фасоли) позволить создать приемлемую вкусо-ароматическую композицию, а также повысить пищевую ценность конечного продукта (Неклюдов, 2000; Колесникова, 2006).

В пункте 3.4.1 представлено обоснование рационального соотношения растительного сырья и белкового гидролизата. Соотношение компонентов рецептуры определялось с учетом органолептических показателей получаемых снеков по специально разработанной 5-балльной шкале с учетом коэффициентов значимости (вкус 0,35; аромат 0,20; цвет 0,25; консистенция 0,20).

Было исследовано три типа снеков – с добавлением зеленой чечевицы (СЗЧ), с красной фасолью (СКФ) и с белой фасолью (СБФ), при различном соотношении растительного сырья и белкового гидролизата (табл. 8).

Таблица 8 – Органолептическая оценка снеков, изготовленных при различных концентрациях БГ в рецептуре

Количество белкового гидролизата, % от массы сушеного п/ф	Оценки основных органолептических показателей снеков, балл				Оценки основных органолептических показателей снеков с учетом коэффициента значимости, балл				
	Консис- тенция	Запах	Вкус	Цвет	Консис- тенция	Запах	Вкус	Цвет	Общая оценка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Подбор рационального соотношения компонентов рецептуры для снеков с добавлением белой фасоли									
5	1,00	3,00	1,00	1,00	0,20	0,60	0,35	0,25	1,40
10	1,00	3,00	1,50	2,00	0,20	0,60	0,53	0,50	1,83
15	1,50	3,00	2,00	2,50	0,30	0,60	0,70	0,63	2,23
20	2,00	3,00	2,00	3,00	0,40	0,60	0,70	0,75	2,45
25	2,50	3,50	3,00	3,50	0,50	0,70	1,05	0,88	3,13
30	3,50	4,00	3,50	4,00	0,70	0,80	1,23	1,00	3,73
35	4,00	4,00	4,00	4,50	0,80	0,80	1,40	1,13	4,13
40	4,00	4,50	5,00	4,50	0,80	0,90	1,75	1,13	4,58
45	4,00	4,50	5,00	4,50	0,80	0,90	1,75	1,13	4,58
50	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	1,75	1,25	5,00
55	4,50	5,00	5,00	4,00	0,90	1,00	1,75	1,00	4,65
Снеки с добавлением красной фасоли									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1,00	1,00	1,00	2,00	0,20	0,20	0,35	0,50	1,25
10	1,50	1,00	2,00	2,00	0,30	0,20	0,70	0,50	1,70
15	2,00	2,00	2,00	2,00	0,40	0,40	0,70	0,50	2,00
20	2,50	3,00	2,00	2,50	0,50	0,60	0,70	0,63	2,43
25	3,00	3,50	3,00	2,50	0,60	0,70	1,05	0,63	2,98
30	3,50	4,00	3,50	3,00	0,70	0,80	1,23	0,75	3,48
35	4,00	4,00	4,00	3,50	0,80	0,80	1,40	0,88	3,88
40	4,50	4,50	4,50	4,00	0,90	0,90	1,58	1,00	4,38
45	5,00	5,00	4,50	4,50	1,00	1,00	1,58	1,13	4,70
50	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	1,75	1,25	5,00
55	5,00	4,50	4,50	5,00	1,00	0,90	1,58	1,25	4,73
Снеки с добавлением зеленой чечевицы									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1,00	1,00	1,50	1,00	0,20	0,20	0,53	0,25	1,18
10	1,50	1,00	1,50	2,00	0,30	0,20	0,53	0,50	1,53
15	2,00	2,00	1,50	2,00	0,40	0,40	0,53	0,50	1,83
20	2,50	2,00	2,00	2,50	0,50	0,40	0,70	0,63	2,23
25	3,00	2,00	3,00	2,00	0,60	0,40	1,05	0,50	2,55
30	4,00	4,00	4,00	4,00	0,80	0,80	1,40	1,00	4,00
35	4,50	4,00	4,00	4,00	0,90	0,80	1,40	1,00	4,10
40	4,50	4,00	4,50	4,00	0,90	0,80	1,58	1,00	4,28
45	5,00	4,50	4,50	4,50	1,00	0,90	1,58	1,13	4,60
50	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00	1,75	1,25	5,00
55	5,00	5,00	4,50	4,50	1,00	1,00	1,58	1,13	4,70

Установлено, что все образцы снеков получили максимальные оценки по создаваемой вкусоароматической композиции при соотношении БГ и растительного компонента 50 : 50 из расчета на сухое вещество (табл. 8). Сушка полуфабриката осуществлялась в течение 30 мин. Форма полуфабриката соответствовала круглой пластине с радиусом 3 см и толщиной 4 мм. Потеря астаксантина при вакуумной сушке, при конечном содержании воды в 10 % не фиксировалась.

В пункте 3.4.2 предложена технология комбинированных снеков, а также показаны исследования химического состава, биологической ценности белка снеков и определены сроки их годности.

С учетом полученных данных о рациональном соотношении основных компонентов рецептуры снеков (50 % сушеного белкового гидролизата и 50 % бобового сырья) и продолжительности вакуумной сушки (30 мин при температуре нагревающей пластины 80–85 °С и давлении 9 кПа) предложена технология производства комбинированных снеков (рис. 6).

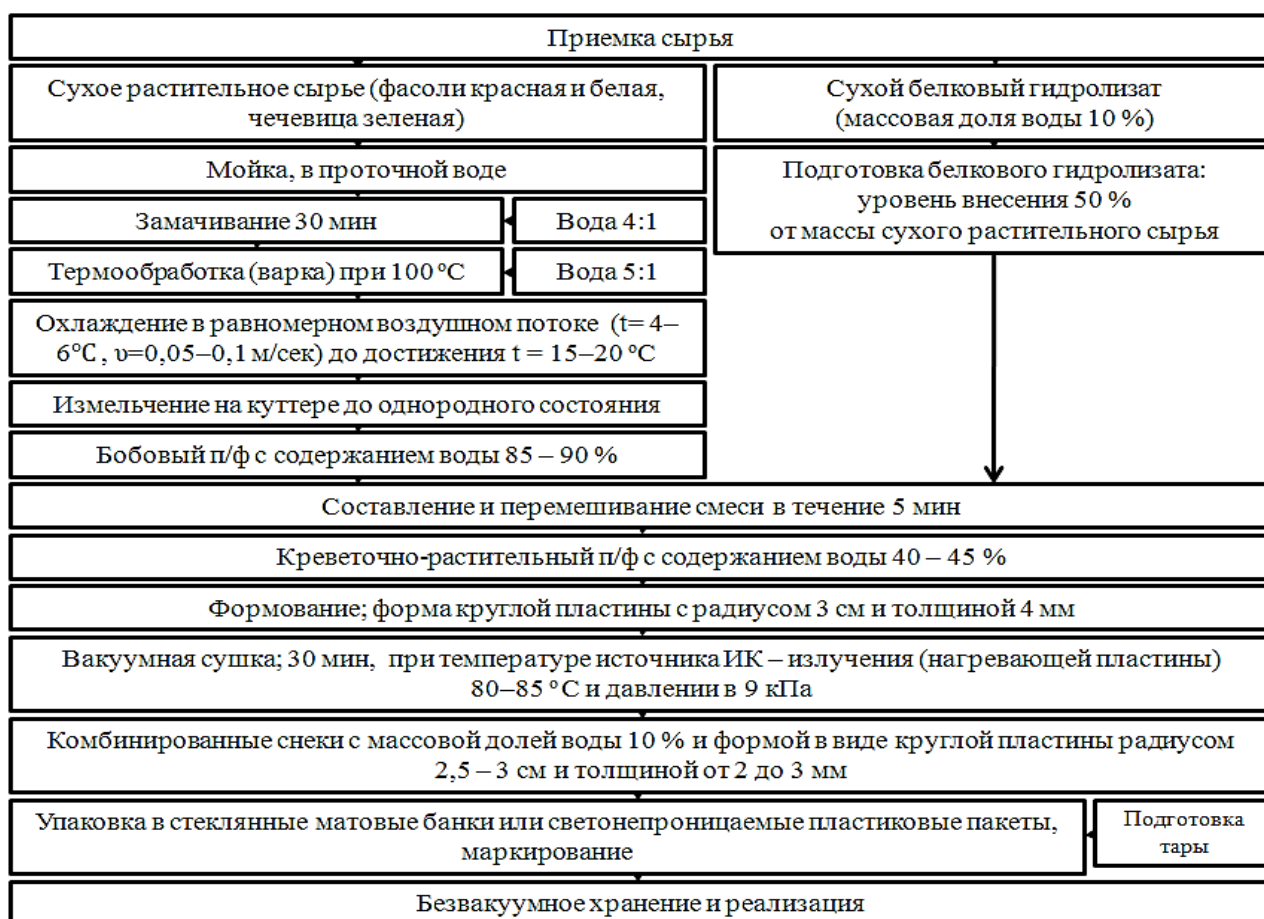


Рисунок 6 – Технология комбинированных снеков

По внешнему виду комбинированные снеки соответствовали требованиям, характеризующим данный вид продукта, без видимых механических дефектов.

Определен химический состав и биологическая ценность снеков, выработанных с добавлением зеленой чечевицы (СЗЧ), красной (СКФ) и белой фасолей (СБФ) (табл. 9, 10).

Таблица 9 – Химический состав комбинированных снеков

Наименование компонентов	Содержание в 100 г продукта, г		
	Снеки с зеленой чечевицей	Снеки с белой фасолью	Снеки с красной фасолью
Протеин	45,6 ± 3,5	45,7 ± 2,1	45,4 ± 3,4
Липиды	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,2	2,3 ± 0,1
Углеводы	38,4 ± 0,5	38,1 ± 0,6	38,1 ± 0,5
Вода	10,0 ± 0,4	10,0 ± 0,3	10,0 ± 0,3
Минеральные вещества	3,7 ± 0,1	3,9 ± 0,1	4,1 ± 0,1
Астаксантин	0,0045 ± 0,0002	0,0042 ± 0,0001	0,0041 ± 0,0002

Потребление 100 г снеков соответствует суточной потребности человека (4,0–4,5 мг) в астаксантине (табл. 9). При рекомендуемом суточном потреблении снеков в количестве 40 г степень удовлетворения физиологической нормы по астаксантину составляет 35–40 %. Данный продукт можно рекомендовать употреблять людям возрастной группы от 18 до 44 лет, как средство профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, а также для укрепления иммунной системы организма.

Определение биологической ценности (БЦ) белка снеков осуществлялось исходя из расчетных данных по аминокислотному скору (АС) и коэффициенту различия аминокислотных скоров (КРАС) в сопоставлении с НАК идеального белка (ФАО / ВОЗ²⁰¹⁵), также были определены коэффициенты утилитарности и коэффициенты сопоставимой избыточности белка (табл. 10).

Таблица 10 – Сравнительная оценка биологической ценности белков гидролизата и комбинированных снеков

Наименование НАК	Идеальный белок (ФАО / ВОЗ ²⁰¹⁵) на 100 г белка, г	НАК БГ, на 100 г белка, г	АС БГ, %	НАК СЗЧ, на 100 г белка, г	АС СЗЧ, %	НАК СБФ, на 100 г белка, г	АС СБФ, %	НАК СКФ, на 100 г белка, г	АС СКФ, %
Тирозин	3,0	1,65	55	2,5	83	2,2	73	2,3	76
Фенилаланин	3,0	2,41	80	2,8	93	2,3	78	2,2	75
Лейцин + Изолейцин	11,0	4,0	44	9,4	85	7,0	64	7,3	66
Метионин	1,7	1,53	90	1,7	100	1,7	100	1,6	95
Валин	5,0	3,32	66	3,6	72	3,9	78	4,2	84
Треонин	4,0	2,81	70	3,8	95	3,1	78	2,9	73
Триптофан	1,0	0,62	62	1,5	151	1,11	111	1,1	110
Лизин	5,5	4,62	84	4,1	74	4,2	76	4,6	84
Гистидин	1,8	1,7	94	1,6	89	1,5	83	1,6	88
Сумма	36,0	22,7	–	31,5	–	27,1	–	27,8	–
КРАС, %		32,7		12,7		24,9		22,8	
БЦ, %		67,3		87,3		75,1		77,2	
U, доли единицы		0,5		0,8		0,6		0,6	
σ _n , г/100г белка		11,3		4,5		8,2		7,5	

Данные табл. 10 показывают, что изучаемые образцы снеков содержат все незаменимые аминокислоты. Биологическая ценность белка снеков с фасолью красной – 77,2 % и белой – 75,1 %, с чечевицей – 87,5 %.

Определение сроков годности снеков осуществлялось на основе исследований динамики потерь астаксантина (рис. 7), а также результатов микробиологической безопасности (табл. 11). Хранение осуществлялось в пластиковой, непроницаемой для света таре с крышкой, при температуре в 21 ± 3 °С, без вакуума, при относительной влажности не более 70 %.

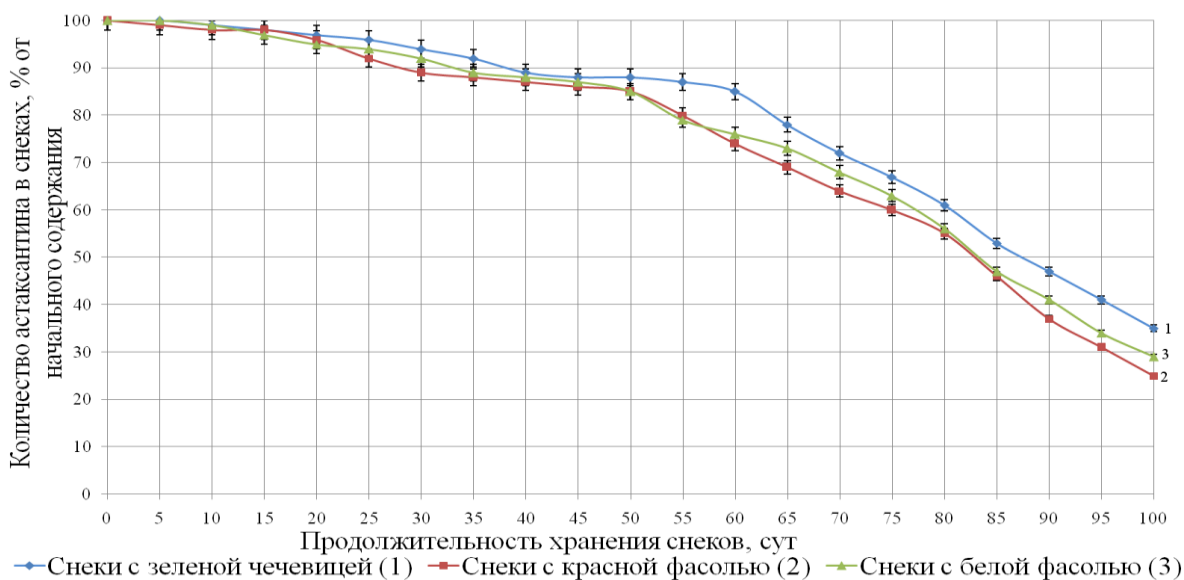


Рисунок 7 – Динамика потери астаксантина в процессе хранения снеков

Анализ полученных данных (рис. 7) показал, что в течение первых 30 сут хранения незначительные потери астаксантина (до 4 %) наблюдаются во всех образцах. Дальнейшее хранение характеризовалось более интенсивной потерей астаксантина.

Таблица 11 – Динамика изменения КМАФАнМ в процессе хранения комбинированных снеков

Продолжительность хранения, сут	Показатели КМАФАнМ КОЕ/г, (см ³)			
	Рекомендуемые показатели для сушеной рыбной продукции (не более)	Снеки с зеленой чечевицей	Снеки с белой фасолью	Снеки с красной фасолью
0	2×10^4	$1,2 \times 10^1$	$1,1 \times 10^1$	$1,2 \times 10^1$
10		$3,2 \times 10^1$	$3,4 \times 10^1$	$3,2 \times 10^1$
20		$6,2 \times 10^1$	$5,9 \times 10^1$	$6,1 \times 10^1$
30		$9,2 \times 10^1$	$7,1 \times 10^1$	$9,2 \times 10^1$
40		$1,4 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$1,4 \times 10^2$
50		$1,4 \times 10^2$	$2,9 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$
60		$1,7 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$
70		$1,8 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$
80		$1,9 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$
90		$3,6 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$

Результаты микробиологических исследований (табл. 11) показали, что в течение 90 сут все образцы соответствовали требованиям микробиологической безопасности, установленным для сушеной продукции из морских беспозвоночных (ТРТС 021 / 2011, ТРЕАЭС 40 / 2016). Такие микроорганизмы, как облигатные анаэробы, золотистый стафилококк, сульфитредуцирующие клостридии, бактерии рода *Salmonella*, кишечная палочка и дрожжи не обнаружены в течение всего периода хранения.

С учетом коэффициента запаса в 1,2 срок годности снеков с чечевицей необходимо ограничить 50 сут, для снеков с красной и белой фасолью продолжительность хранения – до 40 сут. Дальнейшее хранение снеков характеризуется снижением органолептических характеристик, появлением посторонних запахов и вкуса, частичной потерей цвета, крошливости консистенции.

В пункте 3.4.3 представлены данные по выработке опытной партии комбинированных снеков в условиях пищевого производства (ИП «Шалаев В.С.»). Специалистами предприятия дана положительная оценка качества снеков. Разработанная технология одобрена к внедрению.

В пункте 3.4.4 установлено, что возможное внедрение разработки на пищевом производстве с учетом годового выпуска снеков в количестве 60 000 упаковок по 200 г, с рыночной стоимостью (с учетом 60 % наценки) 119 руб. позволит ежегодно получать 1,49 млн. руб. чистой прибыли. С учетом капитальных вложений в 4,16 млн. руб. срок окупаемости не более 3 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана технология комбинированных снеков, изготовленных в виде формованного обезвоженного (сухого) астаксантиносодержащего белкового гидролизата и отварных растительных компонентов бобовой группы (зеленой чечевицы, красной и белой фасолей). Предложенная технология способствует эффективному использованию биологически ценных компонентов, выделяемых из ПСО посредством ферментативного гидролиза, а также позволяет получать снеки с приемлемой вкусоароматической композицией, высокими показателями биологической ценности и безопасности. С учетом проведенных исследований разработанные снеки могут рекомендоваться людям молодой возрастной группы для ежедневного потребления.

На основании результатов проведенной научно-исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

1. Исследован химический состав гидролизатов, выделенных посредством гидролиза ПСО (в течение 240 мин при температуре 37 °С и гидромодуле 4:1 и соизмеримой дозировке (по казеину) протосубтилина ГЗх (0,5 %), химотрипсина (0,06 %) и трипсина (0,06 %)). Показано, что для всех выделяемых гидролизатов общие содержания протеина, липидов и астаксантина сопоставимы. Эффективность гидролиза ПСО недорогим ферментом – протосубтилином ГЗх позволяет снизить затраты, связанные с внедрением технологии на производстве.

2. Установлено, что применение частичного гидромеханического удаления мягких тканей (в течение 5 мин при температуре воды 10 °С и гидромодуле 4:1) в сочетании с последующей ферментативной обработкой позволяет достичь степень депротеинизации ПСО 86 % в течение первых 2,5 – 3,0 часов. При применении предварительного измельчения ПСО 2–5 мм степень выделения протеина увеличивается на 7 %, липидов – на 6–10%.

3. Обоснованы основные параметры гидролиза – дозировка протосубтилина ГЗх 0,7 % от массы белка ПСО и продолжительность гидролиза 120 мин. Установлено, что при выбранных параметрах гидролиза ПСО доля потерь биологически ценных компонентов минимальна от их общего количества в гидролизате.

4. Разработана технология выделения обезвоженного белкового гидролизата из ПСО креветки, включающая предварительное измельчение, гидромеханическое удаление части белков и липидов, двукратную ферментативную депротеинизацию ПСО, осаждение сухих веществ, в том числе с использованием раствора хитозана, и вакуумное обезвоживание плотной фракции. Разработанная технология ферментативного гидролиза позволяет извлекать до 86 % протеина, 97 % астаксантина и 94 % липидов от их общего содержания в ПСО.

5. Установлено, что для получения комбинированных снеков с высокими органолептическими характеристиками рациональное соотношение между обезвоженным белковым гидролизатом и растительным сырьем бобовой группы составляет 50 % на 50 % (из расчета на сухое вещество).

6. Предложена технология комбинированных снеков, включающая в себя отдельную подготовку растительного компонента рецептуры, смешивание подготовленного растительного сырья с обезвоженным БГ, формование, вакуумную сушку, а также упаковку и хранение.

7. Изучен химический состав комбинированных снеков. Установлено, что при суточном потреблении снеков в количестве 40 г степень удовлетворения физиологических норм по астаксантину соответствует 35–40 %. Биологическая ценность белка снеков – от 75 % до 87 %. Определены сроки годности комбинированных снеков – с зеленой чечевицей – 50 сут, с красной и белой фасолью – 40 сут.

8. Разработаны технические условия 10.89.14-295-00472093-2018 «Каротинопротеиновый концентрат», ТУ 10.20.31-296-00472093-2018 «Продукт от разделки варено-мороженых креветок», ТУ 10.85.12007-00471544-2018 «Белково-растительные крипсы», а также соответствующие ТИ. Новизна разработанной технологии подтверждена патентом RU № 2690470.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

В изданиях из перечня ВАК при Минобрнауки России

1. **Самсонов, М.В.** Сравнительный анализ выделения астаксантина из панцирных отходов креветки с использованием ферментных препаратов трипсина, химотрипсина и протосубтилина / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур, М.П. Андреев // Известия КГТУ. – 2017. – № 44. – С. 150–160.
2. **Самсонов, М.В.** Исследование процесса гидролиза панцирных отходов вареной креветки с использованием протосубтилина / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур, М.П. Андреев // Известия КГТУ. – 2017. – № 46. – С. 90–101.
3. **Самсонов, М.В.** Использование протосубтилина ГЗх для предотвращения образованной микроэмульсий при гидролизе панцирных отходов северной креветки / **М.В. Самсонов** // Известия КГТУ. – 2017. – № 47. – С. 123–134.
4. **Самсонов, М.В.** Зависимость степени гидролиза белка и интенсивности депротеинизации ПСО от предварительного суспензирования хитино-минерального субстрата / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Известия КГТУ. – 2019. – № 53. – С. 115–124.

Патенты Российской Федерации

5. Патент Российской Федерации № **2690470** от 03.06.2019 «Способ производства рыбоборастительных крипсов» / **Самсонов М.В.**, Винокур М.Л. Заявл. 18.10.2018 г., опубл. 03.06.2019 г.

Публикации в других изданиях и материалах конференций:

6. **Самсонов, М.В.** Сравнительная характеристика сырья для производства каротиноидов / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Пищевая и морская биотехнология: V Международная научно-практическая конференция (23–27.05.2016): тезисы докладов. – Калининград: БГАРФ, 2016. – Ч.8. – С. 23–25.
7. **Самсонов, М.В.** Использование отходов от переработки креветок для производства каротинопротеинового комплекса / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // V Международная научно-практическая конференция Пищевая и морская биотехнология (23–27.05.2016): тезисы докладов. Часть 8. – Калининград: БГАРФ, 2016. – С. 25–28.
8. **Самсонов, М.В.** Использование отходов от переработки креветок для производства каротинопротеинового комплекса / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Пищевая и морская биотехнология: V Международная научно-практическая конференция (23–27.05.2016): сборник материалов конференции. – Калининград: БГАРФ ФГБОУ ВО КГТУ, 2016. – С. 1491–1497.
9. **Самсонов, М.В.** Сравнительная характеристика эффективности извлечения каротинопротеина из отходов северной креветки с использованием протосубтилина, трипсина и химотрипсина / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Инновации в технологии продуктов здорового питания: III Международная научная конференция (23–27.05.2016): материалы конференции. – Калининград: ФГБОУ ВО КГТУ, 2016. – С. 197–202.
10. **Самсонов, М.В.** Сравнительная характеристика методов выделения каротинопротеинового комплекса при переработке отходов ракообразных / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли: I Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (30.11.2016): материалы. – Владивосток: ФГБОУ ВО Дальрыбвтуз, 2016. – С. 263–267.
11. **Самсонов, М.В.** Совершенствование технологии получения белковых продуктов из панцирных отходов креветки с использованием умеренного гидролиза и осаждающего агента / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Инновации в технологии получения здорового питания: IV Всероссийская конференция (21–27.05.2017): материалы. – Калининград: ФГБОУ ВО КГТУ, 2017. – С. 20–26.

12. **Самсонов, М.В.** Выделение каротинопротеинового концентрата из панцирных отходов варено-мороженых креветок / **М.В. Самсонов** // Известия КГТУ. – 2018. – № 50. – С. 103–114.

13. **Самсонов, М.В.** Каротинопротеиновый комплекс как функциональная составляющая белково-растительных крипсов / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Инновации в технологии продуктов здорового питания: V Национальная научная конференция (3–6.09.2018): материалы. – Калининград: БГАРФ ФГБОУ ВО КГТУ, – 2018. – С. 91–97.

14. **Самсонов, М.В.** Каротинопротеиновый концентрат как функциональный компонент рыборастительных крипсов / **М.В. Самсонов**, М.Л. Винокур // Известия КГТУ. – 2018. – № 51. – С. 81–90.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АС – аминокислотный скор

БГ – белковый гидролизат

БЦ – биологическая ценность

КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов;

ЛКК – липидокаротиноидный комплекс

НАК – незаменимые аминокислоты

НБА – небелковый азот

ОА – общий азот

ОГ – отфильтрованный от твердой (хитино-минеральной) части гидролизат

ПСО – панцирьсодержащие отходы

ПСО_{ни} – ПСО неизмельченные с клеточным слоем

ПСО_{БКСНИ} – ПСО неизмельченные без клеточного слоя

ПСО_и – ПСО измельченные

ПСО_{БКСИ} – ПСО измельченные без клеточного слоя

СБФ – снеки с белой фасолью

СГ – степень гидролиза

СЗЧ – снеки с зеленой чечевицей

СКФ – снеки с красной фасолью

ФАО/ВОЗ – Продовольственная и сельскохозяйственная организация

ФТА – формольно-титруемый азот