

Авторефер  
Э-43

НА ПОЛКУ

Одесский технологический институт пищевой промышленности  
им. Л. В. Ломоносова

Для служебного пользования

Экз. № 00092

На правах рукописи

ЗВЕТИНЦЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ

УДК 664.951.7.047

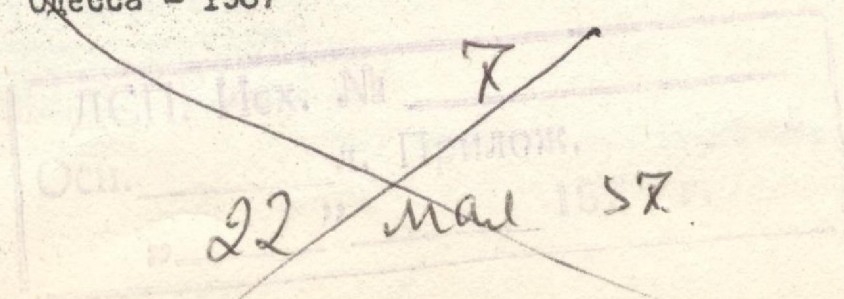
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПРОДУКТОВ  
КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ АНТАРКТИЧЕСКОЙ  
КРЕВЕТКИ (КРИЛЯ)

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты пищевых  
производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1987



Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова и в Производственно-техническом объединении "Севтехрыбпром".

Научный руководитель - доктор технических наук,  
профессор ГРИШИН М.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор РАШКОВСКАЯ Н.Б.  
кандидат технических наук,  
доцент КУТАРОВ В.В.


Ведущая организация - Государственный проектно-  
конструкторский институт  
рыбопромышленного флота  
"Типрорыбфлот"

Защита состоится "25" июня 1987 г. в 15<sup>00</sup> часов  
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одес-  
ском технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.  
Ломоносова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского  
технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ло-  
моносова.

Автореферат разослан "22" мая 1987 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
кандидат технических наук,  
доцент

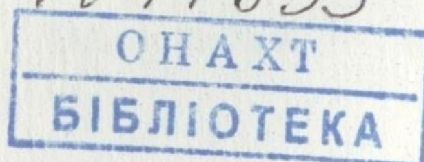


Е.Г. Кротов

ОНАХТ 29.09.10  
Интенсификация проце



v017833



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года сказано, что необходимо "... осуществить комплекс мероприятий по совершенствованию технологии производства. Расширить в XII пятилетке в 1,5-2 раза применение прогрессивных базовых технологий. ... Перейти на индустриальные интенсивные технологии в растениеводстве и животноводстве". Одновременно с увеличением количества ставится задача "улучшать качество продукции, устранять ее потери на всех стадиях производства, транспортировки, хранения и реализации", с этой целью необходимо "совершенствовать размещение предприятий перерабатывающей промышленности, приближая их к сырьевой базе. Шире внедрять индустриальные и безотходные технологии производства...". При этом "... в пищевых отраслях промышленности расширить ассортимент, ... увеличить выпуск расфасованных товаров. ... Значительно расширить производство продуктов, обогащенных витаминами, белковыми и другими компонентами повышенной биологической и пищевой ценности."

Одним из наиболее ярких представителей таких продуктов является антарктическая креветка (криль), располагающаяся в ряду ресурсов Мирового океана. Высокая биологическая и пищевая ценность веществ, входящих в состав криля (содержание белка до 17%), огромная биомасса и доступность скоплений для орудий лова делают его важнейшим объектом промысла.

В соответствии с научными рекомендациями, объем привлечения ресурсов криля для нужд народного хозяйства составляет 10-12 млн. тонн в год.

Одним из наиболее перспективных пищевых продуктов, вырабатываемых из криля, является его мясо. Исходным заданием определено, что в 1990 году выработка мяса криля должна достичь 170 тыс. тонн.

В настоящее время основная часть мяса, вырабатываемого из криля, консервируется путем замораживания. В дальнейшем, при увеличении его выпуска, будут использоваться и другие методы консервирования. Одним из наиболее используемых в пищевой промышленности методов консервирования является сушка, так как высушенные продукты питания сохраняют в концентрированном виде все находящиеся в них ценные вещества, которые почти полностью восстанавливают свои свойства при контакте с водой.

В связи с вышесказанным, приобретают значение как теоретиче-

ские, так и практические работы, связанные с исследованиями процесса сушки пищевых продуктов, вырабатываемых из криля.

Цель работы. Теоретические и экспериментальные исследования процесса сушки мяса криля в среде кипящего слоя. Определение оптимальных технологических режимов для получения продуктов, вырабатываемых из криля при его комплексной переработке. Рекомендации по созданию установок, предназначенных для сушки продуктов, вырабатываемых из криля.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

анализ существующих на судах флота рыбоной промышленности способов и оборудования для выработки из криля пищевых продуктов и обоснование целесообразности сушки продуктов, вырабатываемых из криля при его комплексной переработке, в среде кипящего слоя; теоретические и экспериментальные исследования процесса сушки продуктов, вырабатываемых из криля в псевдооживленном слое, осуществляемые на основе общей теории сушки пищевых продуктов и теории гидродинамики псевдооживленного слоя;

определение теплофизических и физико-химических параметров сушеного мяса криля, необходимых для аналитических расчетов процесса сушки мяса криля в среде кипящего слоя;

получение аналитических зависимостей, включающих существенные параметры исследуемого процесса и позволяющие разработать методику расчета устройств для сушки продуктов, вырабатываемых из криля в псевдооживленном слое;

расчет и подбор оборудования для проверки на нем результатов, полученных в результате проведения исследований.

Научная новизна работы. Установлено, что мясо криля может быть законсервировано путем сушки, причем, с целью интенсификации процесс сушки должен осуществляться в среде кипящего слоя. Разработан технологический режим сушки мяса криля, позволяющий отделить от него излишки панциря — непищевого продукта. Проведены исследования, позволившие установить возможность отделения панциря от панцирьсодержащих отходов в процессе их сушки в развитой стадии кипящего слоя. Исследованы теплофизические и физико-химические свойства сухого мяса криля и их изменения в зависимости от влагосодержания. Исследована кинетика процесса сушки мяса криля в кипящем слое, в результате чего найдены значения для всех величин и коэффициентов, необходимых для решения общего уравнения продолжительности сушки. Исследована гидродинамика процесса сушки, при этом определены технологические пара-

метры агента сушки и выявлены свойства мяса криля при нагреве. Проведен анализ микробиологического состояния и органолептических показателей сушеного мяса криля в процессе его хранения. Исследованы физико-механические свойства сушеного мяса криля и на этой основе установлены значения насыпных массы и объема мяса криля в зависимости от его влагосодержания. Проведены работы по определению оптимального технологического режима процесса сушки мяса криля в кипящем слое. Разработана технологическая схема процесса выработки мяса криля путем его сушки, позволяющая осуществлять безотходное производство продукции из свежельовленного криля на судах типа БМРТ (Большой морозильный рыболовный траулер).

Практическая ценность работы. Проведенные исследования позволяют совершенствовать технологию комплексной переработки криля при безотходном производстве. Достигнуты следующие результаты:

- мясо криля вырабатывается практически без воздействия на него воды;
- выход мяса от сырья увеличен в 1,5-2,0 раза и достигает 20-22%, при пересчете его на влажность 78%;
- снижено количество белка в панцирьсодержащих отходах (полуфабрикат хитина) в 3-4 раза;
- обеспечено надежное консервирование готовых продуктов (мясо криля и панцирьсодержащие отходы), вырабатываемых на судах в районе промысла.

Апробация и реализация работы. Основные положения и результаты исследований были доложены и одобрены на Всесоюзном совещании по вопросам обеспечения крилево-рыбных судов технологическим оборудованием для комплексной обработки криля. (Севастополь, 1984 г.); на техническом совете ПТО "Севтехрыбпром" (Мурманск, 1985 г.).

Выработана опытно-промышленная партия сушеного мяса креветки - 100 кг. Результаты исследований будут использованы:

- при разработке Технических условий на производство сушеного мяса криля;
- при разработке Технологической инструкции на изготовление "Мяса креветки антарктической (криля) сушеного";
- при разработке Технического задания на установку для сушки мяса креветкообразных;
- при разработке конструкторской документации и изготовлении установки для сушки мяса креветкообразных;
- при создании ликвидного участка и помещения для хранения сухого мяса криля и панцирьсодержащих отходов.

Способ и устройство комплексной переработки криля будут апробированы в ПО "Мурманрыбпром" на БМРТ "Трад".

Предполагаемый экономический эффект от внедрения одной установки на судне типа БМРТ составит 0,9 млн. рублей.

Публикации. По теме диссертации основные научные положения, выводы, научно-технические рекомендации изложены в 3 печатных работах.

На защиту выносятся. Теоретическое обоснование способа сушки мяса криля в кипящем слое, являющегося интенсивным и высокоэффективным методом его консервирования, одновременно обеспечивающего возможность осуществлять комплексную переработку криля на добывающих судах рыбопромыслового флота Минрыбхоза СССР, путем выработки из него сушеных: мяса, панцирьсодержащего сырья и высокобелкового корма. Расчетные зависимости для определения основных гидродинамических, влаго- и теплообменных параметров, позволяющие осуществлять расчет процесса и разработку рациональных конструкций устройств для сушки мяса криля и для комплексной переработки шелушенного криля.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 8-ми глав, выводов, списка литературы, содержащего наименования 74 источников на русском и иностранном языках и приложений. Основное содержание диссертации изложено на 215 страницах машинописного текста. Работа содержит 19 таблиц, 44 рисунка и 113 формул.

#### Объекты и методы исследования

Исследования проводили на мясе криля, замороженном россыпью, выработанном в соответствии с ОСТ на судах типа БМРТ "Белонаманск" и "Жуковский", принадлежащих ПО "Атлантика" ВРПО "Азчеррыба".

Экспериментальная база при исследовании процесса сушки мяса криля и различных свойств сушеного мяса криля обеспечивала выполнение следующих работ:

размораживание мяса криля методом воздушной дефростации до температуры внутри тела  $+1 - +3^{\circ}\text{C}$ ;

сушку мяса криля в кипящем слое с изменением технологических параметров в широких пределах;

измерение температуры внутри слоя мяса криля с помощью хромель-копелевых термопар и потенциометра КСН-4;

определение аминокислотного состава белка сушеного мяса криля на анализаторе ААА-881.

Теплофизические, физико-химические и микробиологические показатели определяли по известным методикам, изложенным в соответствующих стандартах и других нормативно-технических документах. Восстанавливаемость мяса криля определяли по специально разработанной для этих целей методике. При постановке опытов применяли методы математической теории научного эксперимента. Опыты проводились при пятикратной повторности. Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами математической статистики, в том числе с применением ЭВМ.

### Результаты исследований

Во введении показана актуальность выбранной для исследования темы и сформулирована цель выполняемой работы.

В первой главе проанализированы литературные данные по рассматриваемой проблеме. Рассмотрен состав криля как объекта используемого на пищевые цели. Кратко даны сведения о его химическом, аминокислотном и витаминном составе. В обзоре показана главная сложность выработки из криля пищевых продуктов, связанная с тем, что его мясная часть покрыта панцирной оболочкой. При изучении технологических свойств криля и продуктов, вырабатываемых из него, было установлено, что криль является специфичным сырьем. Замороженный и доставленный на берег он теряет свои качества высокобелкового пищевого продукта, поэтому на берегу из криля не удастся получить ни одного вида пищевого продукта. Кроме того, цена сырья, доставляемого на берег, возрастает в несколько раз. На основании технологических и экономических исследований был сделан вывод о необходимости переработки криля на промысловых судах в морских условиях. Причем, в начальном периоде исследований перед технологами стояла главная задача: получить из криля пищевой продукт, однако вскоре назрела необходимость его комплексной переработки.

В настоящее время из криля вырабатываются следующие пищевые продукты: паста "Океан", мясо и фарш. Все они скоропортящиеся и их сохранность часто является неразрешимой проблемой. Применяется два способа консервирования - замораживание и стерилизация в алюминиевых банках. Однако, многими учеными, среди которых А.В.Картинцев, В.М.Быкова, Ф.М.Ржавская, Т.М.Сафронова, доказано, что пищевые продукты из криля в замороженном виде не подлежат длительному хранению, реализация их весьма слабая. Надежным видом консервирования пищевых продуктов из криля является их стерилизация в алюминиевых банках. Однако, как показала практика, это сложный

производственный процесс, организация которого на промышленных судах вызывает затруднения.

Установлено, что мясо, вырабатываемое из криля, не должно иметь в своем составе панциря более 0,1%. Этот показатель значительно сдерживает наращивание производства, так как известными методами получить высокий выход (20-22%) чистого мяса не удается. Экономически обоснованными показателями работы одного судна типа БМРТ в изстоящее время будут следующие: выход мяса криля от сырья - 20-22% при производительности 350-400 кг/ч по готовому продукту.

На основании анализа литературных данных и поставленной цели была сформулирована задача исследования, обеспечить возможность получения максимального количества мяса криля при его комплексной переработке и найти приемлемый способ хранения. Добиться этого можно с помощью сушки шелушеного криля в кипящем слое. В основу аналитических и экспериментальных исследований были положены труды советских ученых, внесших значительный вклад в теорию гидродинамики тепло- и массообмена, а также сушки различных материалов в кипящем слое, среди них А.В.Лыков, П.Г.Романова, С.С.Забродский, Н.И.Сыромятников, И.М.Федоров, А.Л.Долинская, А.С.Гинзбург, Н.Б.Рашковская, В.И.Мушталь, С.М.Тодес, М.В.Лыков, М.А.Гришин, Н.И.Гельперин, Б.С.Сажин, В.А.Резчиков.

Здесь же были рассмотрены свойства влаги пищевых продуктов. Отмечено, что, в конечном счете, в пищевых продуктах может находиться "свободная влага" и "связанная влага". Однако имеется несколько классификаций связи влаги как менее, так и более тщательно рассмотренных.

Во второй главе изложены техника и методика проведения экспериментов. Все исследовательские работы по определению необходимых величин и параметров были проведены на экспериментальной установке предназначенной для сушки пищевых гранулированных продуктов в развитой стадии кипящего слоя, разработанной проф.Гришиным М.А. Установка состоит, в основном, из следующих узлов и агрегатов: вентилятор № 3, калорифер, съемная рабочая камера, размеры которой 100х100х400, и пульт управления. Среднюю температуру нагрева материала в процессе его высушивания определяли с помощью 12-ти точечного электронного потенциометра КСП-4 в 3-х уровнях.

Определение теплофизических величин, технологических свойств исследуемого материала и его физико-химические параметры осуществляли, в основном, с помощью известных методов, но для определения некоторых параметров была разработана своя методика. Так, восстановимость мяса криля, из-за его специфических свойств, опреде-

ляли с помощью горячей воды. Температура воды установлена в пределах  $+75+80^{\circ}\text{C}$  ввиду того, что при более низкой температуре возникает опасность вторичного обсеменения мяса криля, а при более высокой его повторная термическая обработка. Как первый, так и второй вариант для мяса криля нежелательны.

Равновесное влагосодержание для мяса криля определено по ускоренному методу Н.Е.Пестова, представляющему собой усовершенствованный тензометрический метод.

Удельную теплоемкость мяса криля определили методом смешения, предложенного Г.В.Рихманом.

В третьей главе рассмотрены технологические свойства криля и его мяса, а также установлены теплофизические величины мяса криля.

Пищевая ценность криля - *Eurhazia zurezva Dana* - в большой степени определяется его химическим составом, изменяющимся в зависимости от размера, возраста, пола, физиологического состояния и др. факторов. В любом состоянии криль содержит большое количество азотистых веществ (около 13%), которые представлены белками (30%) и небелковыми веществами, в основном полипептидами (20%). В диссертационной работе объектом исследования является мясо криля, составляющее примерно 26-28% от массы сырья.

Исследованиям было подвергнуто бланшированное мясо криля, соответствующее требованиям ТУ 15-529-83 и ОСТ 15-196-78. Перед загрузкой мяса криля в рабочую камеру сушильной установки, его дефростировали до температуры внутри материала  $+1+2^{\circ}\text{C}$ . Влагосодержание мяса в начальный период составляло 300-320%. Количество протеина в мясе криля изменялось незначительно и составляло 77-78%.

С целью обеспечения возможности оценки процесса сушки в начальной стадии исследований были определены теплофизические характеристики мяса криля.

Установлена удельная теплоемкость сухих веществ мяса криля  $C_{\text{сух}} = 1,528 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ . Приведенная удельная теплоемкость определялась по уравнению:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{сух}} + \frac{W^c}{100} \quad (1)$$

По известным методикам были рассчитаны величины плотности и коэффициента температуропроводности для сухих веществ мяса криля, а затем их зависимости от влагосодержания мяса. Установлено, что обе эти величины находятся в линейной зависимости от влагосодержания, причем, чем оно выше, тем больше искомые величины.

Уравнения, выражающие данные зависимости выглядят следующим

образом:

$$\rho = 769,25 + 0,657 W^c, \text{ кг/м}^3 \quad (2)$$

$$\alpha \cdot 10^8 = 11,05 + 0,0021 W^c, \text{ м}^2/\text{с} \quad (3)$$

среднеквадратичные отклонения составляют:

$$\text{для } \rho - \pm 0,5284 (0,6\%), \text{ для } \alpha - \pm 0,1291 (1,4\%)$$

Преобразовав известное уравнение, нашли значение коэффициента теплопроводности как для сухих веществ мяса криля, так и при его различном влагосодержании:

$$\lambda = a \cdot c\rho, \text{ Вт/м}\cdot\text{К} \quad (4)$$

По найденным значениям установили, что коэффициент температуропроводности находится в линейной зависимости от влагосодержания и выражается она следующим уравнением:

$$\lambda = 0,12 + 0,0013 W^c, \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Среднеквадратичное отклонение составило  $\pm 0,01 (3,2\%)$ .

На этой стадии работы была найдена зависимость величины равновесного влагосодержания  $W_p$  от относительной влажности воздуха  $\varphi$ . Эта зависимость выражена изотермой десорбции, которая, в свою очередь описывается двумя уравнениями, полученными в результате обработки имеющихся данных на ЭВМ.

$$W_{p_1} = 2,7 \sqrt{\varphi} \quad (5)$$

$$W_{p_2} = (2,17 + 0,01\varphi)^3 \quad (6)$$

Среднеквадратичные отклонения составляют: для уравнения 5 -  $\pm 0,346 (3,1\%)$ , а для уравнения 6 -  $0,6991 (2,6\%)$ . Первое уравнение описывает верхнюю часть изотермы, второе - нижнюю. Точки перелома изотермы  $W_m$  находятся на пересечении с точкой, где  $\varphi = 60\%$ , она характеризует переход от влаги, связанной полимолекулярной адсорбцией, к капиллярно- и осмотически- связанной влаге. По изотерме найдена величина гигроскопического влагосодержания для мяса криля:

$$W_r = 41\%$$

В четвертой главе рассматриваются вопросы теплообмена в процессе сушки мяса криля, а также гидродинамика псевдооживленного слоя. Исследование теплообмена в процессе сушки мяса криля в среде кипящего слоя можно было лишь после того, как этот слой был создан. С помощью известных уравнений, по критериям Архимеда, Рейнольдса, Федорова рассчитаны все необходимые для осуществления процесса скорости потока воздуха. Критическая скорость псевдооживления равна  $2,2 \text{ м/с}$ . При этой скорости и были выполнены все экспериментальные

работы, позволившие изучить вопрос теплосмена в процессе сушки мяса криля.

Установлено, что скорость витания панциря ниже скорости витания мяса криля примерно на 0,3-0,5 м/с, за счет чего можно отделить панцирь от мяса в процессе его сушки.

Собственно работа по изысканию возможности интенсификации процесса сушки мяса криля была осуществлена с помощью большого числа опытов, где варьировались в значительных пределах как температура агента сушки от +70 до 150°C, так и удельная нагрузка - от 50 до 140 кг/м<sup>2</sup>. В результате этих опытов установлена зависимость влагосодержания мяса криля от продолжительности его сушки, которая выражена на графиках кривыми сушки. Данные кривые были подвергнуты анализу. Здесь явно различимы два периода сушки: постоянной и падающей скорости. И если уравнение продолжительности сушки в периоде постоянной скорости известно:

$$\tau_1 = \frac{1}{N} (w_1 - w_k), \quad (7)$$

то уравнение продолжительности сушки в периоде падающей скорости, как известно, зависит от показателя степени  $m$ , значение которого различно для каждого продукта. По известной методике определяем, что для мяса криля  $m = 1$ , тогда, после решения подынтегрального выражения, уравнение сушки мяса криля в периоде падающей скорости будет легко решаемо, при этом общее уравнение продолжительности сушки для мяса криля окончательно принимает следующий вид:

$$\tau = \frac{1}{N} \left[ (w_1 - w_k) + A \cdot 2.3 \lg \frac{w_k - w_p}{w_2 - w_p} + \beta (w_k - w_2) \right] \quad (8)$$

Для решения данного уравнения необходимо знать значения величин, входящих в него. Установлено, что определить их значения можно, зная определенные закономерности в зависимости данных величин от известных - заданных условиями процесса сушки.

Так, величины  $w_k$  - критическое влагосодержание,  $A$  и  $\beta$  - коэффициенты, зависят от потенциала сушки  $E$ , что видно из уравнений

$$A = 27,8 - 0,2 E \quad (9)$$

среднеквадратичное отклонение составило  $\pm 0,4942$  (3,5%)

$$\beta = 1,155 - 0,01 E \quad (10)$$

среднеквадратичное отклонение составило  $\pm 0,0334$  (8,3%)

$$W_k = 133,642 - 0,442 E_{cp} \quad (11)$$

среднеквадратичное отклонение составило  $\pm 0,3214$  (0,9%).

Величина скорости сушки в постоянном периоде сушки  $N$  зависит от комплекса величин, что видно из уравнения:

$$N = 2,05 + 1,67 E_{cp} \vartheta_p \frac{F}{M_c}, \quad \%/\text{мин} \quad (12)$$

среднеквадратичное отклонение составило  $\pm 0,9696$  (3,4%).

В пятой главе рассмотрены температурные изменения мяса крыла в процессе его сушки. Известно, что режим сушки для каждого материала определяется исходя из температуры, допустимой для нагрева данного материала. Изменение температуры материала зависит прежде всего от температуры агента сушки и, во-вторых, от потери им влагосодержания. При этом зависимость температуры нагрева мяса крыла от потери им влагосодержания выражена сложным графиком, на котором видны три периода нагрева: в первом — идет быстрый подъем температуры, при очень незначительном уменьшении влагосодержания с 320% до 270%, причем, нагрев идет тем быстрее, чем меньше удельная нагрузка и чем выше температура агента сушки. Далее, в периоде постоянной скорости сушки, средняя температура находится на сравнительно постоянном уровне, причем, чем выше температура агента сушки, тем выше средняя температура материала; увеличивается средняя температура материала и с уменьшением удельной нагрузки. В третьем периоде средняя температура нагрева мяса крыла плавно начинает повышаться, переходя через точку критического влагосодержания.

Установлено, что процесс сушки лучше всего происходит тогда, когда средняя температура материала  $\bar{t}$  находится в пределах  $\bar{t}_n = 65-75^\circ\text{C}$ , а при достижении температуры  $100-105^\circ\text{C}$ , в мясе крыла происходит необратимый денатурационный процесс.

Исходя из вышесказанного, нами были выбраны оптимальная удельная нагрузка  $\frac{M}{F} = 90 \pm 10 \text{ кг/м}^2$  и температура агента сушки

$t = 120 \pm 10^\circ\text{C}$ . При этих параметрах мясо крыла, высушиваясь до влагосодержания 12-16% нагревалось до температуры не более  $102^\circ\text{C}$ , а основной процесс шел при температуре нагрева  $60-65^\circ\text{C}$ .

Все дальнейшие исследования проводились при удельной нагрузке, принятой за оптимальную —  $80 \text{ кг/м}^2$ .

В этой же главе найдены значения для уравнения, позволяющего установить зависимость критерия Ребиндера от количества удаляемой влаги, Критерий Ребиндера выражает отношение количества тепла

затраченного на нагрев материала, к количеству тепла, необходимого для осуществления процесса испарения влаги за бесконечно малый промежуток времени. С его помощью практически точно устанавливается связь между среднеинтегральным влагосодержанием материала и его температурой.

Значения критерия Ребиндера получены путем аппроксимирования графика функции логарифма критерия Ребиндера,  $\lg Rb$ , от количества удаляемой влаги,  $U - U_p$ . Полученные зависимости,  $\lg Rb(U - U_p)$  выражаются изогнутой линией с точкой перелома в том месте, где с уменьшением влагосодержания начинает расти температура материала - расположена она в точке  $W_2 = 130-170\%$

Зависимость  $\lg Rb(U - U_p)$  для каждого из участков графика находится из уравнений:

$$\lg Rb_{np} = 1,303(U - U_p) - 3,782 \quad (13)$$

$$\lg Rb_{л.} = -[0,327 + 0,577(U - U_p)] \quad (14)$$

Собственно критерий Ребиндера выражается в полулогарифмических координатах с помощью уравнения

$$Rb = C \cdot \exp[-m(U - U_p)] = -C \cdot \exp[m(U - U_p)] \quad (14)$$

После того, как были найдены все необходимые коэффициенты, уравнения для определения критерия Ребиндера при сушке мяса криля, записываются следующим образом:

$$Rb_{np} = 0,0001652 \cdot \exp[3(U - U_p)] \quad (15)$$

$$Rb_{л.} = -0,471 \cdot \exp[1,329(U - U_p)] \quad (16)$$

Среднеквадратичные отклонения составили: для  $Rb_{np} = \pm 0,011$  (2%), для  $Rb_{л.} = \pm 0,0242$  (3,6%).

В шестой главе дан анализ качественных показателей сушеного мяса криля, которым придается особое значение, так как данный продукт предназначен для длительного хранения вне специальных условий.

Все сушеные продукты оцениваются по комплексу показателей, среди которых основными являются органолептические. Не менее важным является их свойство восстанавливаться. Существенное значение на качество оказывает доля ингредиентов, обуславливающих пищевую ценность.

Сушеное мясо криля имеет вид круглых подковообразно изогнутых, упруго-твердых частиц бледно-розового цвета с вкраплениями

оранжево-розового цвета, имеющее запах свежeproвяленной рыбы; по вкусу сушеное мясо криля вначале напоминает вяленую рыбу, а затем креветку.

Были проведены работы по восстановлению сушеного мяса криля. Установлено, что восстанавливать его надо в подсоленной воде (1-1,5% соли), нагретой до температуры 75-80°C. При этом за 20-25 мин. мясо с начальной влажностью 12-13% набухает до 68-69%. Среднее значение коэффициента поглощения воды равно 3,08.

В процессе хранения сушеного мяса криля осуществлялся контроль за его микробиологическим состоянием. Установлено, что при хранении сушеного мяса криля  $W^c = 16\%$  в нормальных условиях т.е. при температуре воздуха равной +18-20°C и относительной влажности 50-55%, микробиологические показатели практически не меняются, так сразу после сушки микробное число равнялось  $2 \cdot 10^1$  на 1 г продукта, а после 18-ти месяцев хранения -  $4 \cdot 10^1$ .

Проведены исследования по изучению аминокислотного состава сушеного мяса криля. Полученные данные по составу незаменимых аминокислот представлены в таблице

Наименование незаменимых аминокислот	Справочная шкала	мясо криля $W^c = 12\%$	
		A, г	B, %
Изолейцин	4,0	2,63	65,75
Лейцин	7,0	7,16	102,3
Метионин+цистин	3,5	1,04	29,7
Фенилаланин+тирозин	6,0	9,94	165,7
Треонин	4,0	3,52	88,0
Валин	5,0	6,21	124,2
Лизин	5,5	10,21	185,6
Сумма: г/100 г белка	35	40,71	116,3

Из представленной таблицы видно, что сумма незаменимых аминокислот в сушеном мясе криля даже несколько выше, чем допускается по справочной шкале.

В седьмой главе показано, как был осуществлен выбор оптимального режима процесса сушки. По результатам анализа всех имеемых данных установлено, что сушку мяса криля необходимо вести до влагосодержания 12-16%, при этом, температура агента сушки должна быть +120-130°C, удельная нагрузка по влажному продукту должна находиться в пределах 80-100 кг/м<sup>2</sup>. В этом случае удельная производительность составит 250-280 кг/м<sup>2</sup>.ч.

В восьмой главе представлен расчет сушильной установки для сушки мяса криля в кипящем слое с учетом того, что в ней необходимо произвести сбор высушенного панциря.

#### Выводы и предложения

1. Оценивая результаты проведенной работы, можно сделать вывод о том, что мясо криля, являющееся высокобелковым продуктом питания, может быть законсервировано путем сушки. Причем, с целью интенсификации процесса, его сушка должна осуществляться в среде кипящего слоя.
2. С помощью сушки мяса криля в развитой стадии кипящего слоя, при скорости воздуха  $U_{\text{лит}} = 3,2$  м/с, от него можно отделить панцирь, являющийся вредным как продукт питания, но ценным техническим продуктом.
3. Определены значения теплофизических величин сухих веществ мяса криля и найдена зависимость этих величин от его влагосодержания. Причем установлено, что теплофизические величины мяса криля прямо пропорционально зависят от его влагосодержания и по своим размерам находятся в одном ряду со значениями для мяса рыбы.
4. По изотерме десорбции, которая была построена с помощью опытных данных, установлено, что в гигроскопическом состоянии мясо криля находится при влагосодержании в 41%.
5. По результатам анализа кривых сушки, полученных экспериментальным путем при осуществлении процесса сушки мяса криля в развитой стадии кипящего слоя, математическим путем найдены значения для всех величин и коэффициентов, необходимых при решении общего уравнения продолжительности сушки.
6. Мясо криля в процессе сушки не должно нагреваться до температуры выше  $+105^{\circ}\text{C}$ , в связи с тем, что при дальнейшем нагреве в нем происходит денатурация белка. Наиболее активно влага из мяса криля удаляется при его нагреве до  $65-75^{\circ}\text{C}$ .
7. Оптимальными качествами обладает мясо криля, высушенное до влагосодержания 12%. Мясо криля, высушенное до более низкого влагосодержания, значительно хуже восстанавливается, а до более высокого — хуже хранится.
8. Найден метод восстановления сушеного мяса криля, причем коэффициент поглощения воды мясом с начальным влагосодержанием 16% составил величину 3,08.
9. Определены уравнения, позволяющие рассчитать объем, занимаемый мясом криля и его насыпную массу, в зависимости от влаго-

содержания. Построена номограмма, с помощью которой можно найти любую из трех заданных величин ( $V$  - объем,  $m$  - масса,  $W^c$  - вла-госодержание) при двух известных.

Ю. Выявлены оптимальные параметры технологического процесса сушки мяса криля в среде кипящего слоя, позволяющие осуществить реальную разработку установки.

II. Разработана технологическая схема процесса выработки су-хого мяса криля, позволяющая осуществлять безотходное производство продукции из свежельовленного криля на судах типа БМРТ.

Предполагаемый экономический эффект от внедрения предложенно-го способа консервирования мяса криля на одном судне, осуществляю-щем его лов и переработку на мясо, составит 1700 тыс.рублей за год.

#### Список работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Звегинцев А.И. Итоги работы БМРТ "Град" в экспедициях 1982-1983 г.г. и опыт эксплуатации крилевого оборудования в ВРПО "Северба". // Доклады и выступления на Всесоюзном совещании по вопро-сам обеспечения крилево-рыбных судов технологическим оборудова-нием для комплексной обработки криля. М., 1984. - С. 74-83.

2. Гришин М.А., Звегинцев А.И. Сушка мяса криля в развитой стадии кипящего слоя. // Известия вузов. Пищевая технология. Крас-нодар, 1986. - № 4. - С. 76-78.

3. Звегинцев А.И. Консервирование мяса креветки антарктиче-ской (криля) путем его сушки. // Экспресс-информация. Серия: Обра-ботка рыбы и морепродуктов. М.: ЦНИИТЭИРХ, 1986. - № 1. - С. 22-24.

*З.А.И.*