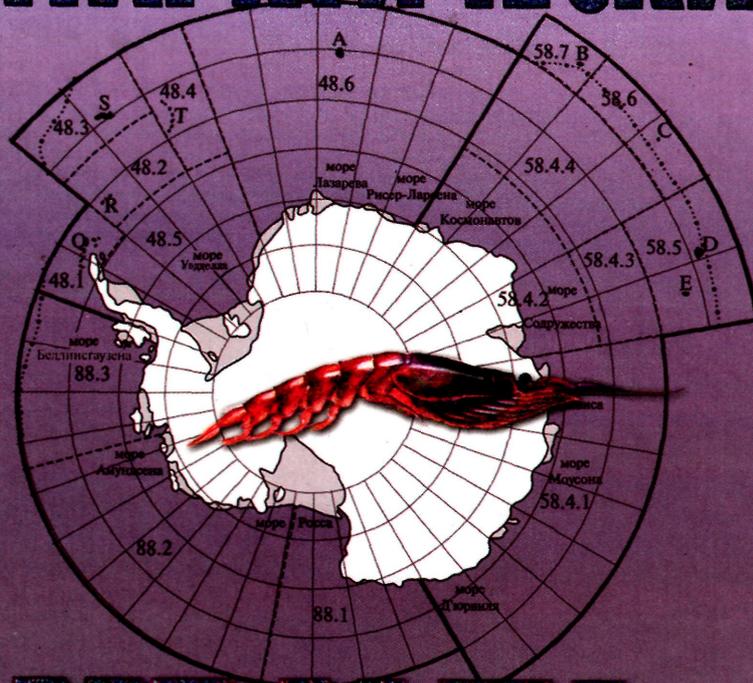


АНТАРКТИЧЕСКИЙ



КРИЛЬ

Справочник

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
по РЫБОЛОВСТВУ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ" (ВНИРО)**

STATE COMMITTEE FOR FISHERIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

**FEDERAL STATE UNITARY ENTERPRISE
"RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE OF FISHERIES
AND OCEANOGRAPHY" (VNIRO)**



ANTARCTIC KRILL

MANUAL

Edited by V.M.Bykova

**MOSCOW
VNIRO PUBLISHING
2001**

АНТАРКТИЧЕСКИЙ КРИЛЬ

СПРАВОЧНИК

Под редакцией В.М.Быковой

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО ВНИРО
2001

УДК (664.951.81+595.383.1+639.28)(03)(99)

Авторы: *Быков В.П., Быкова В.М., Кривошеина Л.И.,
Головкова Г.Н., Шуст К.В., Шевцов В.В., Картинцев А.В., Ежова Е.А.*

Authors: *Bykov V.P., Bykova V.M., Krivosheina L.L., Golovkova G.N.,
Shust K.V., Shevtsov V.V., Kartintsev A.V., Ezhova E.A.*

A72 **Антарктический** криль: Справочник / Под ред. В.М.Быковой.— М.: Изд-во ВНИРО, 2001.— 207 с. + 6 с. вкл.

В настоящем Справочнике впервые представлен обобщенный материал исследований ВНИРО, институтов системы Минрыбхоза СССР, ряда проектно-конструкторских организаций, проведенных в 1970—1995 гг. по проблеме антарктического криля. Справочник включает различные аспекты биологии криля, техники лова, комплексной технологии обработки с получением пищевой, кормовой, технической продукции и медицинских препаратов. Подробно рассмотрены химический состав криля и его биохимические особенности, их влияние на качество получаемой продукции. Приведены наиболее перспективные способы получения белковой пасты, мяса, фарша и консервов на их основе, внедренные в промышленность. Описаны результаты научных разработок получения ферментов, каротиноидов, белковых пищевых волокон из криля и создания на их основе различных структурированных продуктов. Рассмотрены последние данные в области производства кормовой продукции, включая различные способы получения кормовой муки, в том числе гранулированной, кормовых гидролизатов. Значительное место уделено перспективному направлению получения хитина и хитозана из панцирьсодержащих отходов криля, имеющих практическое применение в пищевой, парфюмерно-косметической промышленности, медицине, сельском хозяйстве.

Книга предназначена для широкого круга работников рыбной промышленности.

Antarctic Krill: Manual / Edited by V.M. Bykova.— М.: VNIRO, 2001.— 207 p. + 6 colored inserts.

In this manual the generalized material of VNIRO, regional institutes of the Ministry of Fisheries of the USSR and some designing organizations carried out in 1970—1996 on the Antarctic krill problem is presented for the first time. Various aspects of krill biology, catch techniques, complex technology of treatment for food, feed, technical and medical preparations are discussed. Materials on krill chemical composition and its biochemical features, their influence on production quality are considered in details. Most perspective methods of protein paste, meat, minced and canned items prepared on their basis and introduced in the industry are given. Results of enzymes, carotinoids, protein food fibres from krill scientific elaborations and creation of various structured products on their basis are described. Recent data in the sphere of feed production including various methods for feeding meal production (for example, granulated one), feeding hydrolyzates are considered. Much attention is given to a new promising trend of chitin and chitosan production from shell containing krill offals of a wide practical use in food, perfumery and cosmetics industries, medicine, agriculture.

The manual is designed for a wide circle of specialists in fisheries.

ISBN 5-85382-231-4

© Издательство ВНИРО, 2001

ВВЕДЕНИЕ

Антарктический криль — *Euphausia superba* Dana занимает ведущее положение в общем объеме планктона Антарктики. Большая численность этого рачка, его химический состав, высокая пищевая ценность, а также доступность скопления рачков для промысловых орудий лова ставят криль в число важнейших объектов промысла.

Отечественная рыбохозяйственная наука и рыбная промышленность, начиная с послевоенного времени, проявляют возрастающий интерес к возможностям освоения антарктического криля как сырья для получения разнообразной продукции.

Еще в 1820 г. большие скопления криля наблюдали первооткрыватели антарктического материка, русские моряки, плававшие под командованием М.П. Лазарева и Ф.Ф. Беллинсгаузена на шлюпках "Мирный" и "Восток".

В 1947 г. на промысел в Антарктику впервые была направлена Советская китобойная флотилия "Слава" с научной группой ВНИРО, и с этого года начинаются систематические советские рыбохозяйственные исследования в Южном океане. Программа этих исследований становилась все более обширной и охватывала основные аспекты океанографии антарктических вод, их биологической продуктивности, а также величину и распределение сырьевых ресурсов промысловых объектов.

Большое значение для познания биологических процессов, происходящих в Южном океане, имели результаты исследований советской комплексной антарктической экспедиции, работавшей на кораблях "Обь" и "Лена" по программе Международного географического года (1957—1958).

Начиная с 1947 г. советскими китобоями и научными работниками — участниками антарктических экспедиций постоянно отмечались огромные скопления криля в различных районах Антарктики.

С 1962 г. по распоряжению руководства Министерства рыбного хозяйства СССР одновременно с углублением рыбохозяйственных научных исследований в Южном океане организуется экспериментальный промысел криля.

Первым начал работать в Атлантическом секторе Антарктики в 1962 г. РТМ АтлантНИРО "Муксун". В итоге этих экспедиций были получены первые достоверные данные о возможности лова и переработки криля на кормовую муку.

С 1964 по 1990 г. в Атлантическом секторе Антарктики ежегодно работал НПС ВНИРО "Академик Книпович". Во время этих экспедиций были выполнены все основные работы по изучению биологии и запасов криля, их распределению, технике лова и технологии переработки.

В результате впервые была создана технология крилевой пасты "Океан". Началось использование технических продуктов из криля в сельском хозяйстве.

Большую роль в интенсификации научно-поисковых работ по крилю сыграла организация в 1971 г. постоянно действующей комплексной антарктической экспедиции Минрыбхоза СССР. В результате были решены основные проблемы, связанные с изучением сырьевых ресурсов антарктического криля и обоснованы возможности его крупномасштабного промысла.

Наряду с сырьевыми были проведены комплексные технологические исследования этого нового нетрадиционного источника сырья и разработаны научные основы его рационального использования на основе многовариантных подходов, учитывающих специфику химического состава и технологических свойств сырья, его изменчивость под влиянием прижизненных факторов и посмертных автолитических процессов. Обоснованы общие теоретические и практические рекомендации по созданию новых, нетрадиционных технологических решений, разработаны новые технологии, не имеющие аналогов в отечественной и зарубежной практике, предложены направления его комплексной переработки.

Согласно приказам Минрыбхоза СССР, программе ГКНТ (1974), отраслевой целевой программе "Криль" (1980—1999) к решению проблемы создания и внедрения технологии и техники комплексной переработки криля, организации его лова были привлечены отраслевые организации: ВНИРО, ТИНРО, АтлантНИРО, АзЧерНИРО, ПИНРО, Техрыбпром, Севтехрыбпром, Дальтехрыбпром, ЦПКТБ "Дальрыба", ЦПКТБ "Азчеррыба", ДальрыбВТУЗ и другие, а также ряд институтов АН СССР, других министерств и ведомств, среди которых большой вклад внесли ИНЭОС АН СССР, ВНИЭКИПРОДМАШ (НПО "Мир"), Институт гигиены питания Минздрава УССР. Всего в реализации КЦП "Криль" в части создания, внедрения комплексной технологии криля и соответствующей техники его обработки приняли участие более 40 институтов и проектно-конструкторских организаций, Всесоюзные рыбопромышленные объединения Минрыбхоза СССР — Запрыба, Дальрыба, Азчеррыба, Севрыба.

В результате реализации крилевых программ были разработаны технология и техника комплексной переработки криля на пищевые (паста "Океан", мясо, фарш, изоляты, концентраты, гидролизаты и на их основе разнообразные кулинарные изделия, широкий ассортимент консервов, структурированные и формованные продукты); кормовые (кормовая мука, сыромороженный криль, кормовые гидролизаты, корма химического консервирования, кормовые пасты и белково-минеральные добавки); технические (хитин, хитозан и их производные, сорбенты, ферментные препараты); медицинские (каротиноиды, дезоксирибонуклеиновая кислота, лекарст-

венные препараты на основе хитозана и другие). Основная часть разработок по проблеме технологии и техники криля проводились на уровне изобретений СССР, патентов РФ, часть из которых была запатентована в ряде зарубежных стран.

В связи с отдаленностью обитания криля и необходимостью его обработки в местах лова, как скоропортящегося сырья, решающую роль в изучении и освоении ресурсов криля сыграл флот (научно-исследовательский, промысловых разведок, промысловый). Для лова и переработки криля были модернизированы десятки действующих промысловых судов, оснащенных морозильными и жиромучными установками. Кроме того, усилиями Гипрорыбфлота и ЦКБ "Восток" Минсудпрома СССР были созданы специализированные крилево-рыбные консервно-морозильные траулеры проекта 16080 (типа "Антарктида"), серий из 7 судов, построенных на Николаевском судостроительном заводе "Океан".

Научное обоснование и экспериментальные разработки по проблеме криля, в частности по вопросам создания, внедрения новых технологий и техники, явились базой для его промысла. В результате в период с 1971 по 1991 г. вылов криля бывшим СССР составил около 4 млн. т. Только в 1976-1985 гг. было выловлено 2,2 млн. т криля, из которого произведено продукции на сумму 1 млрд. 138 млн. руб., от реализации которой получено 322 млн. руб. прибыли.

В связи с экономическими трудностями, возникшими в результате распада СССР, промысел криля в РФ приостановлен. Мы уверены, что в перспективе достаточно оснований для его восстановления и развития, так как отечественные организации располагают научно-техническим потенциалом и специалистами в области организации промысла криля и его комплексной переработки.

Учитывая, что накопленный опыт и материалы по химическому составу, биохимическим свойствам, технологической характеристике и комплексной технологии криля был недостаточно освещен в литературе, и имея в виду необходимость его обобщения для использования специалистами, которым предстоит заниматься вопросами обработки криля, сотрудники лаборатории комплексной технологии криля и управления КЦП "Криль" ВНИРО (в настоящее время лаборатория сырья и нетрадиционных технологий), с привлечением специалистов других лабораторий, создали настоящий Справочник по крилю. В справочник вошли как неопубликованные так и опубликованные работы ВНИРО, с использованием доступных материалов исследований других институтов и организаций рыбной промышленности, АН СССР, других министерств и ведомств, а также публикации специалистов зарубежных стран (Японии, Польши, ФРГ и др.).

В составлении Справочника принимали участие: доктор технических наук, проф. Быков В.П., кандидат технических наук Быкова В.М., кандидат технических наук Кривошеина Л.И., старший научный сотрудник Головкова Г.Н., доктор биологических наук Шуст К.В., кандидат биологических наук Шевцов В.В., кандидат биологических наук Картинцев А.В., инженер Ежова Е.А.

1. ОСНОВНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ОБЪЕМЫ ЕГО ВЫЛОВА

1.1. БИОЛОГИЯ КРИЛЯ

Антарктический криль — типичный представитель антарктического макропланктона, обитающий в холодных водах при температуре от минус 0,3 °С до плюс 4 °С. Криль распространен в Южном океане циркумполярно вокруг Антарктиды.

В Антарктике эти рачки довольно многочисленны. Из 85 известных видов эвфаузиид в водах Южного океана встречаются 16 видов, но чаще и в значительном количестве отмечено 5 видов: *Euphausia superba*, *E. triacantha*, *E. fligida*, *E. crystallorophias*, *Thysanoessa macrura*. У всех этих видов в той или иной степени отмечается способность к образованию значительных скоплений криля. Они характеризуются также довольно крупными для этого отряда размерами — от 29 до 62 мм. Так, например, *Thysanoessa macrura* имеет длину 29 мм, *E. crystallorophias* — до 33 мм, *E. triacantha* — до 40 мм. Однако среди всех антарктических эвфаузиид выделяется *E. superba*, особи которой достигают длины 60–62 мм. Именно этот вид получил название "антарктический криль" или просто криль (иногда встречается торговое наименование — антарктическая креветка). *E. superba* имеет также наибольшую численность и биомассу в водах Антарктики и представляет наибольший интерес для промышленного вылова.

Как показал 30-летний опыт исследований и промысла, концентрации криля встречаются во всех секторах Антарктики, в основном в верхнем 200-метровом слое воды. В период наиболее активного вылова его добыча в течение арктического сезона составляла порядка 300–400 тыс. т, а в перспективе промысел антарктического криля может возрасти до нескольких миллионов тонн за сезон.

Впервые скопления антарктического криля были зарегистрированы капитаном Куком в 1775 г., а научное описание было сдела-

но американским исследователем Дана в 1852 г. по материалам из коллекций исследовательского судна "Пикок". Достаточно подробные сведения о распределении и биологии криля были собраны в период английских экспедиций комитета Дискавери в 1926—1937 гг. и в 50-е годы [82]. Наиболее полно биология криля и его ресурсы были изучены позднее, в 60-80-е годы после научно-промысловых экспедиций СССР, Японии, ФРГ, Польши и других стран [24, 26, 27, 29,31].

Вследствие ярко выраженной сезонности всех биологических процессов в Антарктике, нерест криля достаточно непродолжителен и происходит летом в Южном полушарии (декабрь — март). Спаривание происходит до полного созревания самок, но самцы к этому моменту созревают полностью и прикрепляют сперматофоры к теликуму еще не полностью созревших самок. До окончательного созревания самок после спаривания проходит 1,5—2 мес. Иногда на теликуме самки может быть по несколько пар сперматофор, что свидетельствует о возможности неоднократного спаривания самки в течение одного периода между линьками. Весной рачки интенсивно откармливаются на массовом "цветении" фитопланктона, растут и созревают перед нерестом. Пик нереста наблюдается обычно в середине февраля. Самка выметывает в среднем около 3000 икринок, по некоторым данным иногда до 6000—8000. Чем теплее год, тем раньше рачки приступают к нересту.

Во время нереста самки выметывают икру в воду, и, обладая отрицательной плавучестью, она тонет, опускаясь на глубину до 1000 м и более, а на мелководьях оседает на дно. Спустя несколько часов из икринок вылупляются личинки сферической формы, так называемые науплиусы, и, медленно поднимаясь в верхние слои воды, претерпевают довольно длительный цикл развития, состоящий из двух стадий (науплиуса, метанауплиуса), трех стадий калиптописа. Окончательное формирование тела рачка происходит при прохождении личинок еще через шесть старших стадий, так называемых фурцилий, которые морфологически уже мало чем отличаются от взрослых особей. Весь этот процесс развития и метаморфоза длится около 7 мес.

Личинное развитие основной массы особей завершается осенью, и на следующий год весной это новое поколение криля обнаруживается в виде молоди длиной 20—25 мм. В течение весенне-летнего сезона (второй год жизни) молодь интенсивно питается фитопланктоном и быстро растет, достигая длины 35—40 мм. К третьему лету жизни рачки созревают и размножаются при длине около 50 мм. Разумеется, наблюдаются вариации в размерах рачков одного и того же поколения в зависимости от индивидуального роста и района обитания, условий данного года, влияющих на рост и его межгодовую изменчивость.

Возраст *E. superba*, вылавливаемого в той или иной точке, можно определить только по размерам рачков, оценивая следующие друг за другом упомянутые дискретные группировки — поколения. Никаких регистрирующих возраст структур у криля нет. Поэтому столь значительно подчас различаются оценки возраста особей одного и того же размера — от 2,5 до 6 лет. Экспериментально, в аквариальных условиях, показана возможность достижения отдельными особями криля возраста в 8–9 лет.

Как все планктонные организмы, антарктический криль в своем распространении и образовании скоплений подчинен расположению водных масс и системе течений, с которыми рачки пассивно дрейфуют (рис. 1).

Термические условия обитания криля достаточно постоянны, хотя и меняются посезонно. В норме рачки обитают при достаточно низкой, характерной для Антарктики температуре — от минус 2° до плюс 2 °С, хотя на севере ареала встречаются и при плюс 4° — минус 6 °С.

Все виды антарктических эвфаузиид, в том числе *E. superba*, имеют циркумполярный ареал. Они довольно равномерно распределены в области между Антарктической конвергенцией (АК) и шельфовыми водами, за исключением неретического *E. crystallorophias*, обитающего в шельфовых водах приматериковых морей. Однако ареал *E. superba* отличается характерной асимметрией. Максимально далекое распространение этого вида к северу наблюдается в Атлантическом секторе (рис. 1, 2). Асимметрия ареала обуславливается закономерностями меридионального переноса вод высокоширотной модификации, постоянным обитателем которых является *E. superba*.

Несмотря на циркумполярность и обширность ареала *E. superba* в Южном океане, образование его массовых концентраций зависит от ряда факторов биотического и абиотического характера и ограничивается определенными районами (рис. 3) и сезонами года. Наиболее северное положение его скоплений наблюдается в районе острова Южная Георгия, а южное — в морях Уэдделла и Росса. Как и все планктонные организмы, антарктический криль пассивно переносится с токами воды, но на небольшие расстояния способен передвигаться активно. Совершают рачки также и вертикальные миграции. Для криля характерен стайный образ жизни, и рачки образуют скопления в виде стай разного размера, которые могут объединяться в большие концентрации. В районах, где течения в результате образования завихрений снижают скорость, вероятность скапливания рачков значительно больше. Плотные концентрации могут долгое время удерживаться в одном и том же районе.

Отечественными исследованиями установлено, что массовые концентрации антарктического криля образуются весной, летом и

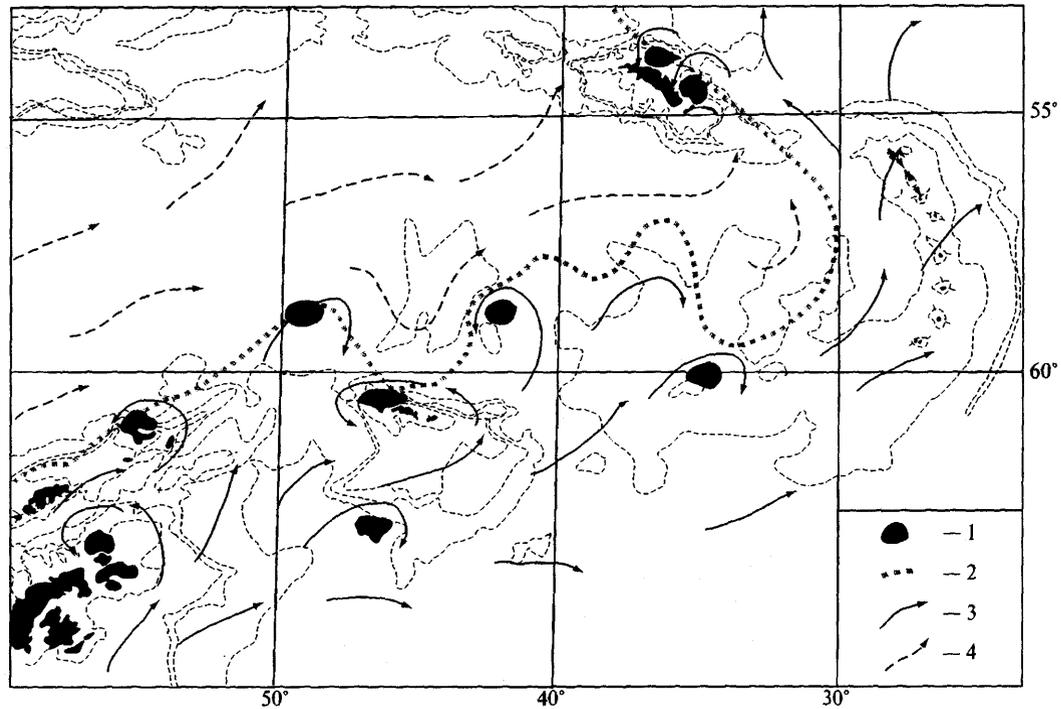


Рис. 1. Схема течений, положение Вторичной фронтальной зоны (ВФЗ) и места наиболее частых находок агрегаций кряля в западной части атлантического сектора по многолетним данным: 1 — агрегации; 2 — ВФЗ; 3 — направление движения вод моря Уэдделла; 4 — направление движения вод АЦТ

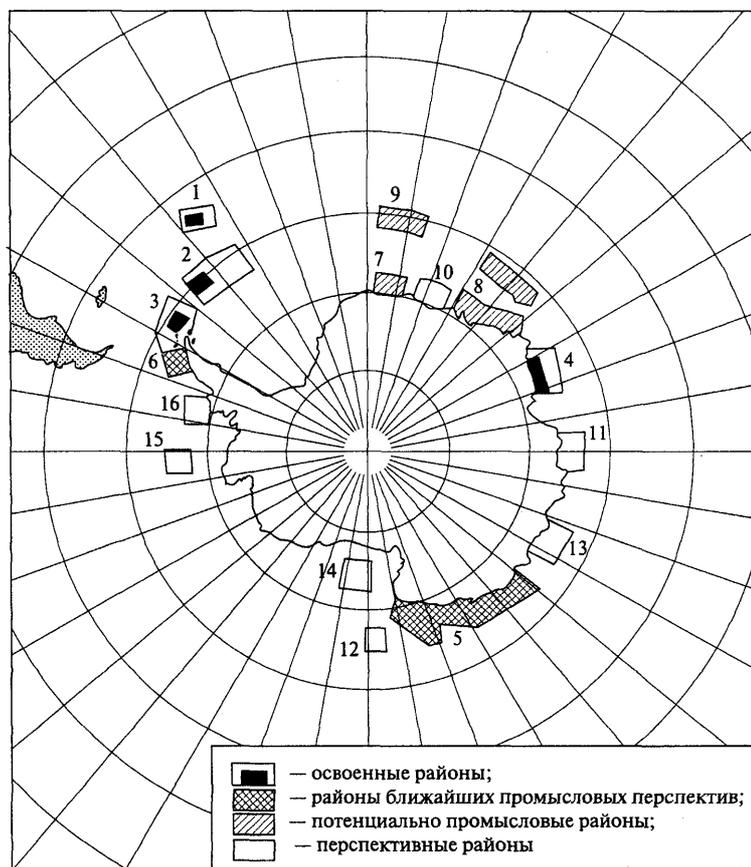


Рис. 2. Районы концентрирования криля в Южном океане
(названия районов — см. табл. 1)

частично осенью (ноябрь — май) в Южном полушарии (табл. 1), что связано с размножением и питанием рачков. В течение биологических сезонов — весны, лета и начала осени, в зависимости от конкретных гидрометеорологических условий данного года, сроки образования скоплений могут сдвигаться в ту или иную сторону. Временной сдвиг сроков может составлять максимум 1—1,5 мес.

В Атлантическом секторе Антарктики основным районом, где в течение антарктических весны и лета образуются плотные скопления криля, является акватория, расположенная в южной части моря

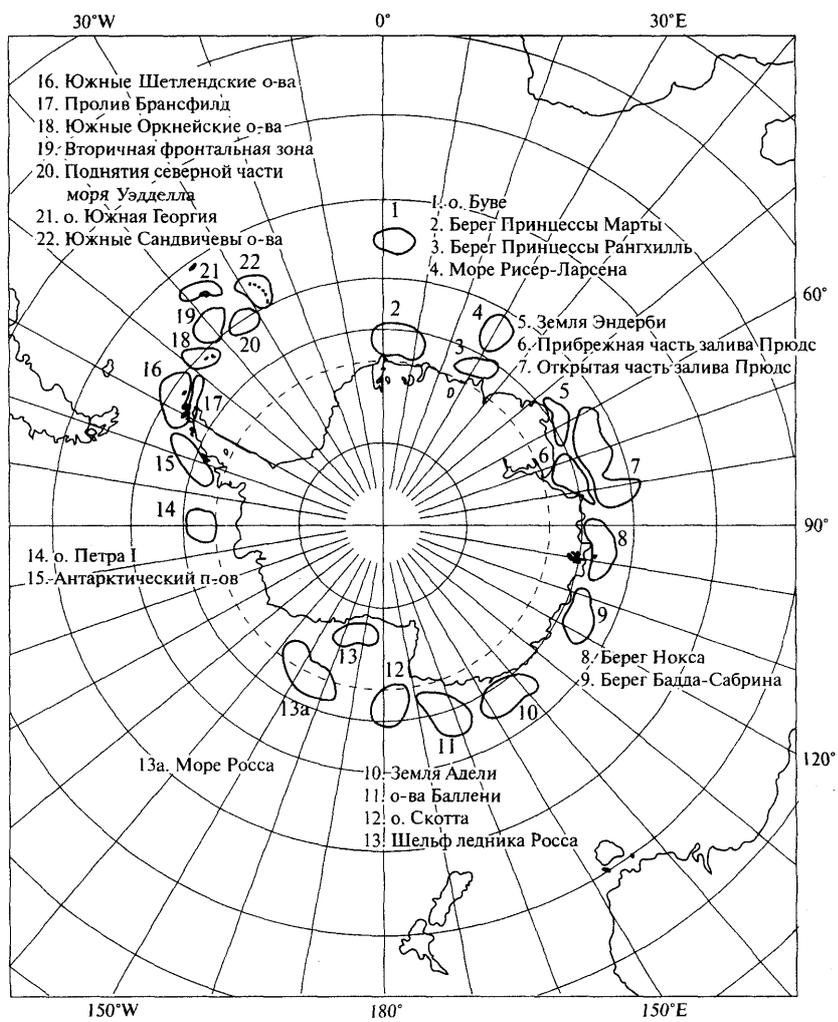


Рис. 3. Расположение районов находок агрегаций криля по всей акватории его ареала [Парфенович, 1982]

Таблица 1

Рекомендации по промыслу кривля для разных категорий районов

№ п/п	Промысловый район	Сектор	Подрайон	Вывод, млн. т	Сроки промысла по месяцам
<i>Освоенные районы</i>					
1.	Остров Ю.География	АТЛ	48.3	0,5	I-V (VI-IX)
2.	Южные Оркнейские острова	АТЛ	48.2	3,9	XII-IV (V)
3.	Южные Шетлендские острова	АТЛ	48.1	2	XI-III (IV)
4.	Море Содружества	ИНД	58.4.2	2,9	(XII)—I—III
<i>Районы ближайших промысловых перспектив</i>					
5.	Море Дюрвиля, море Сомова (острова Баллени)	ИНД ТИХ	58.4.1 88.1	1,8	I-III
6.	Архипелаг Палмера	АТЛ	48.2	0,8	XI—III
<i>Потенциально промысловые районы</i>					
7.	Море Лазарева	АТЛ	48.6	0,5	I-III
8.	Море Космонавтов	ИНД	58.4.2	1	I-III
9.	Остров Буве	АТЛ	48.6	0,5	I-V(VI-IX)
<i>Перспективные районы</i>					
10.	Море Рисер-Ларсена	АТЛ	48.6	-	-
11.	Море Дейвиса	ИНД	58.4.1	-	-
12.	Остров Скотта	ТИХ	88.1	-	-
13.	Море Моусона	ИНД	58.4.1	2,1	I-III
14.	Море Росса	ТИХ	88.1	-	-
15.	Остров Петра I	ТИХ	88.3	-	-
16.	Море Беллинсгаузена	ТИХ	88.3	-	-

Скотия, с юга и севера прилегающая к Вторичной фронтальной зоне — ВФЗ (зона смешения вод моря Уэдделла и Антарктического циркумполярного течения) (см. рис. 1). В относительно теплые годы ВФЗ располагается вблизи Южных Оркнейских островов, а в относительно холодные — сдвигается на 160—200 миль к северу. Здесь на обширной акватории между 65° и 40° з.д. и 58—61° ю.ш. образуются скопления крупных половозрелых рачков длиной 45—60 мм, концентрирующихся для питания и размножения (ноябрь — март). Скопления рачков различной плотности, располагающиеся в толще воды, хорошо обнаруживаются гидроакустическими приборами. Помимо этого, периодически наблюдаются скопления рачков на поверхности, так называемые "пятна", форма и размеры которых сильно варьируют, достигая линейных размеров в сотни метров. В период весенне-летней вегетации рачки интенсивно питаются планктоном.

К концу биологической осени (апрель — май) в связи с окончанием вегетации фитопланктона завершаются биологические процессы, стимулирующие образование скоплений криля (нерест, питание). Определенная часть рачков, прошедших второй нерест, при этом отмирает, за счет чего биомасса криля снижается примерно на 25—35 %, но эти потери компенсируются за счет весового роста молодых особей и вступления нового поколения в состав нерестовой популяции, что должно уравнивать ее состояние. Осенью рачки рассеиваются в толще воды, в связи с этим промысел криля из-за резкого падения уловов становится нецелесообразным.

Изучение зимнего распределения криля показало, что только в районах островов Южная Георгия и Буве в зимнее время (июнь — август) наблюдаются достаточно плотные промысловые концентрации криля.

Исследования, проведенные в море Скотия, показали, что механизм образования плотных массовых концентраций криля определяется особенностями динамики вод. Анализ вертикальной циркуляции вод в районах массовых концентраций криля свидетельствует о приуроченности скоплений к участкам опускания вод, смежных с зонами подъема [17, 33, 34].

Аналогичные условия в районах образования массовых скоплений криля наблюдаются в Тихоокеанском и Индоокеанском секторах. Здесь концентрирование рачков также связано с циклоническими и антициклоническими круговоротами. При отсутствии в некоторые годы в тех или иных районах Южного океана концентрирующих форм циркуляции вод устойчивых промысловых скоплений криль не образует [54].

В Тихоокеанском секторе Антарктики основные скопления рачков наблюдаются в январе — марте к северу и западу от островов Баллени и в районе к востоку от острова Скотта, в северной части морей Дюрвиля, Амундсена и Беллинсгаузена, главным образом в виде "пятен" различной площади, от 100 м² до 1,6 км², часто сливающихся в обширные крилевые поля до 5—12 км². В этих скоплениях встречаются как молодь, так и половозрелые крупные рачки (15—62 мм), находящиеся в состоянии нагула или нереста.

В Индоокеанском секторе Антарктики подповерхностные (5—10 м) и погруженные (50—100 м) скопления антарктического криля распределены на акватории между 25° и 90° в.д. вблизи зоны Антарктической дивергенции (58° —65° ю.ш.) в декабре — марте, в основном в верхней части фотического слоя до глубины 75 м и реже в виде "пятен" у поверхности площадью до 100 м² и более. Наиболее плотные и крупные скопления криля обнаружены в 50-ме-

травом слое на акватории между 25° и 65° в.д., к югу от 59° ю.ш. до кромки плавучих льдов и в заливе Прюдс.

Так же как и в Тихоокеанском секторе, состав скоплений здесь смешанный, отмечены как молодь, так и крупные половозрелые рачки длиной от 24 до 60 мм. В северной части акватории количество половозрелых рачков длиной 45–60 мм возрастает до 80–90 %. Скопления наиболее устойчивы в период спаривания рачков, в начале антарктического лета (декабрь — январь). В течение всего летнего периода образования скоплений криль интенсивно питается фитопланктоном.

Перспективные для промысла скопления криля в Индоокеанском секторе были обнаружены также в южной части подводного хребта Кергелен, где динамика вод, свойственных фронтальной зоне Антарктической дивергенции, усиливается особенностями рельефа дна.

Таким образом, в настоящее время к разведанным и рекомендованным промышленности для освоения ресурсов криля в водах Антарктики относятся следующие районы: остров Южная Георгия, Южные Оркнейские острова, залив Прюдс, район хребта Кергелен, острова Баллени и Петра I, Южные Шетлендские острова (см. табл. 1). Районы концентрирования криля в Южном океане, имеющие промысловое значение, показаны на рис. 2.

Основные этапы жизненного цикла антарктического криля во всех секторах Южного океана сходны. Распределение личинок антарктического криля в общем подчиняется тем же закономерностям, что и распределение взрослых рачков. Отмечены даже поверхностные "пятна", образованные личинками на стадии фурцилии. По вертикальному распределению концентрации личинок, молоди и взрослых рачков совпадают не точно, так как накапливаются рачки старших поколений. Кроме того, в течение всего личиночного цикла, рачки, очевидно, больше не опускаются в глубинные слои, сосредотачиваясь в основном в верхнем стометровом слое. Расстояние между скоплениями рачков второго года жизни и половозрелых может быть различным, такие скопления могут быть разделены пространством в несколько десятков и сотен миль, но иногда находятся на относительно небольшом расстоянии друг от друга и в то же время очень редко смешиваются.

Разобшенность неполовозрелых и половозрелых рачков имеет важное значение для организации промысла, так как половозрелые рачки дают благодаря большому содержанию белка и жира более высокий выход пищевой продукции.

Половозрелые рачки, как правило, по массе и длине тела вдвое превышают молодь: средние размеры молоди около 35–38 мм (при массе 800 мг), а половозрелых рачков — до 48–60 мм (при массе до 1500–2000 мг). Безусловно, размеры рачков могут варьировать от года к году. Это связано с условиями откорма в период весеннего

"цветения", что может ускорять или замедлять общий рост рачков, а также способствовать появлению особенно крупной молодежи.

Двукратный нерест каждой особи в сочетании с высокой плодовитостью (в среднем около 3000 икринок от каждой самки) и непродолжительностью жизненного цикла обеспечивает высокую репродуктивную способность вида и является одним из важных биологических условий стабильного сохранения его высокой численности.

Промыслом могут использоваться рачки на втором и третьем году жизни — молодежь и половозрелые особи, хорошо различающиеся размерами. Основной рост рачков происходит в весенне-летний период. В начале сезона молодежь только начинает расти и очень мелка, в то время как половозрелые рачки к этому времени достигают значительных размеров. В этой связи весной и в начале лета объектом промысла могут служить преимущественно половозрелые рачки, а осенью и во вторую половину лета — уже подросшая молодежь. В зависимости от времени наступления биологической весны должны меняться и сроки перехода промысла с эксплуатации скоплений половозрелых рачков к вылову молодежи.

1.2. ЗАПАСЫ КРИЛЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ОБЪЕМЫ ЕГО ВЫЛОВА

Обширность ареала криля в Южном океане, значительная площадь акваторий, на которых распределяются массовые концентрации в Атлантическом, Тихоокеанском и Индоокеанском секторах Антарктики, а также высокая плотность рачков в скоплениях свидетельствуют о широких возможностях хозяйственного использования сырьевых ресурсов криля.

Кроме того, двукратный нерест каждой особи в сочетании с высокой плодовитостью и небольшой продолжительностью жизненного цикла обеспечивает высокую репродуктивную способность вида, что является одним из важных условий стабильного сохранения высокой численности антарктического криля.

В то же время реально оценить биомассу антарктического криля и определить величины возможного его вылова оказалось чрезвычайно трудно. Большинство сведений о величине биомассы криля до 70-х годов были основаны на данных по выеданию рачков усатыми китами. Первая попытка количественной оценки биомассы криля была сделана в 1958 г. Пекенье [89]. Исходя из количества криля, потреблявшегося за год стадами усатых китов, не затронутых промыслом в Антарктиде, данных о суточном рационе усатых китов (0,8—1,5 т криля в сутки) и их численности (130 тыс. голов), Пекенье получил величину биомассы криля, близкую к 1,4 млрд. т.

По расчетам Клумова [22], биомасса всего антарктического зоопланктона достигает 5 млрд. т и основу этой биомассы составляет криль. По мнению Хемпеля [69], запас антарктического криля можно было оценить в 150 млн. т, а ежегодный суммарный вылов без ущерба популяции рачков — до 10 млн. т (т.е. менее 10 % всего запаса).

В обзоре ФАО "Живые ресурсы Южного океана", подготовленном в 1977 г. Эверсоном [66], на основании величины выедания криля некоторыми представителями антарктической фауны, биомасса криля определялась в размере 200 млн. т, а возможное ежегодное изъятие — 5 млн. т.

Оценить запасы антарктического криля сложно, и на современном уровне знаний о биологических ресурсах Южного океана следует основываться в первую очередь на фактических данных количественного учета криля, полученных в результате комплексных исследований в промысловых районах Антарктики. При этом должны быть привлечены данные расчетов, учитывающих трофическую структуру экосистемы Южного океана.

Таким образом, приведенные оценки биомассы криля большей частью не опирались на фактические научные данные и их было трудно принять за основу для определения размера промыслового изъятия.

Начиная с 60-х годов количественная оценка сырьевых ресурсов антарктического криля проводилась советскими и российскими учеными в основном методами прямого учета с использованием данных траловых и гидроакустических съемок, так как промысловые скопления антарктического криля хорошо регистрируются эхолотами, предназначенными для поиска рыбы в пелагиали. По контурам эхозаписи, скорости движения судна можно с достаточной точностью установить площадь и толщину зарегистрированного аппаратурой скопления, если пересечь его проекцию на поверхность воды галсами промыслового или поискового судна, при этом можно определять и его приблизительную плотность. Полученные данные обычно используют для прямого учета количества криля в данном скоплении.

По данным Макарова, Шевцова [28], все траловые, тралово-акустические и акустические съемки, проведенные в Атлантическом секторе Южного океана в 70-е годы, среднее единовременное количество криля в южной части моря Скотия (акватория к северу и северо-востоку от Южных Оркнейских островов) было равно 7–8 млн. т и 4 млн. т в районе острова Южная Георгия.

За пределами акваторий указанных промысловых районов находилось такое же количество рачков, но в значительно более разреженном состоянии. Следовательно, можно считать, что общее количество криля промысловых размеров в южной части моря Ско-

тия достигает в среднем 14 млн. т, а у острова Южная Георгия — 6 млн. т.

Достаточно высокие концентрации криля были зарегистрированы также в районе Южных Шетлендских островов, в проливе Брансфилда, у Южных Сандвичевых островов и восточнее зоны Антарктической дивергенции в морях Лазарева и Рисер-Ларсена. Уловы криля в этих районах вполне сопоставимы с уловами, полученными в двух районах моря Скотия. Следовательно, по всему Атлантическому сектору биомасса криля промысловых размеров, возможно, в 2—2,5 раза превышает величину, установленную для районов южной части моря Скотия и острова Южная Георгия, и составляет около 40 млн. т.

Учитывая относительно короткий жизненный цикл криля, достаточно высокую воспроизводительную способность *E. superba*, но в то же время особую роль криля в трофической структуре сообщества Южного океана, большинство исследователей считает возможным изъятие 10 % от общей его биомассы, что для Южной Атлантики составляет 3—4 млн. т.

Проблема оценок численности и биомассы антарктического криля в Тихоокеанском и Индоокеанском секторах Антарктики до сих пор стоит еще более остро. Если исходить из сравнения фактических данных, полученных в 70-е и 80-е годы, то видно, что в разведанных промысловых районах Тихоокеанского и Индоокеанского секторов количество криля составляет менее половины той величины, которая рассчитана для всех промысловых районов Атлантического сектора. По имеющимся на сегодня данным советских и российских исследований, запасы криля в обнаруженных промысловых районах Тихоокеанского и Индоокеанского секторов позволяют вылавливать ежегодно от 2 до 4 млн. т без ущерба для экосистемы и популяции криля.

Довольно близкие к приведенным величинам значения были получены Научным комитетом Международной комиссии по сохранению морских живых ресурсов Антарктики — АНТКОМ (CCAMLR). Начиная с 1982 г., представители стран — участниц этой Комиссии (вначале их было 18, а теперь 23) на заседаниях Рабочих групп и Научного комитета обсуждают результаты национальных и совместных экспедиций, съемок и данные промысла криля. По этой информации с учетом всего ряда многолетних наблюдений и научных разработок ежегодно определяется состояние запасов криля и устанавливаются величины предохранительного лимита вылова. Не отставиваясь на многочисленных оценках прошлых лет, следует отметить, что на последней сессии Комиссии в октябре 1997 г. наилучшей оценкой биомассы криля в Атлантическом секторе Антарктики была признана Международная тралово-акустическая съемка FIVEX (первый международный эксперимент по оценке запасов

криля), выполненная в 1980г. По ее результатам, общая биомасса криля в Южной Атлантике составляет около 35 млн. т, а предохранительный лимит ежегодного вылова при самом осторожном подходе может быть установлен от 1,5 до 4,0 млн. т.

В Индоокеанском секторе биомасса криля только в промысловых районах морей Содружества, Дейвиса и Моусона оценивается величиной 5 млн. т, а предохранительный лимит определен в размере 1,2 млн. т.

По Тихоокеанскому сектору общих оценок еще не проводилось, но по результатам двух итальянских экспедиций в 1990 и 1995 гг. только в море Росса биомасса криля достигает 2,8 млн. т. В 80-е годы в районе островов Баллени, расположенных севернее моря Росса, его биомасса была оценена величиной 1 млн. т. Эти сведения указывают на наличие промысловых концентраций и возможностей вылова криля в Тихоокеанском секторе, так же как и в двух других, но предохранительный лимит для его подрайонов пока не установлен. Разделение Антарктической области на районы и подрайоны в соответствии с Международной конвенцией по сохранению морских живых ресурсов Антарктики, утвержденное АНТКОМ, представлено на рис. 4.

Таким образом, рассмотрев результаты оценок запасов и возможных величин вылова криля, можно с уверенностью сказать, что он является наиболее перспективным объектом крупномасштабного промысла в водах Антарктики и его ресурсы явно недоиспользуются. На современном уровне знаний нами были выделены районы, сроки и объемы вылова криля в разных секторах Южного океана (см. табл. 1). На основе этих рекомендаций можно планировать возобновление и развитие российского промысла этого рачка в необходимых для производства той или иной продукции количествах.

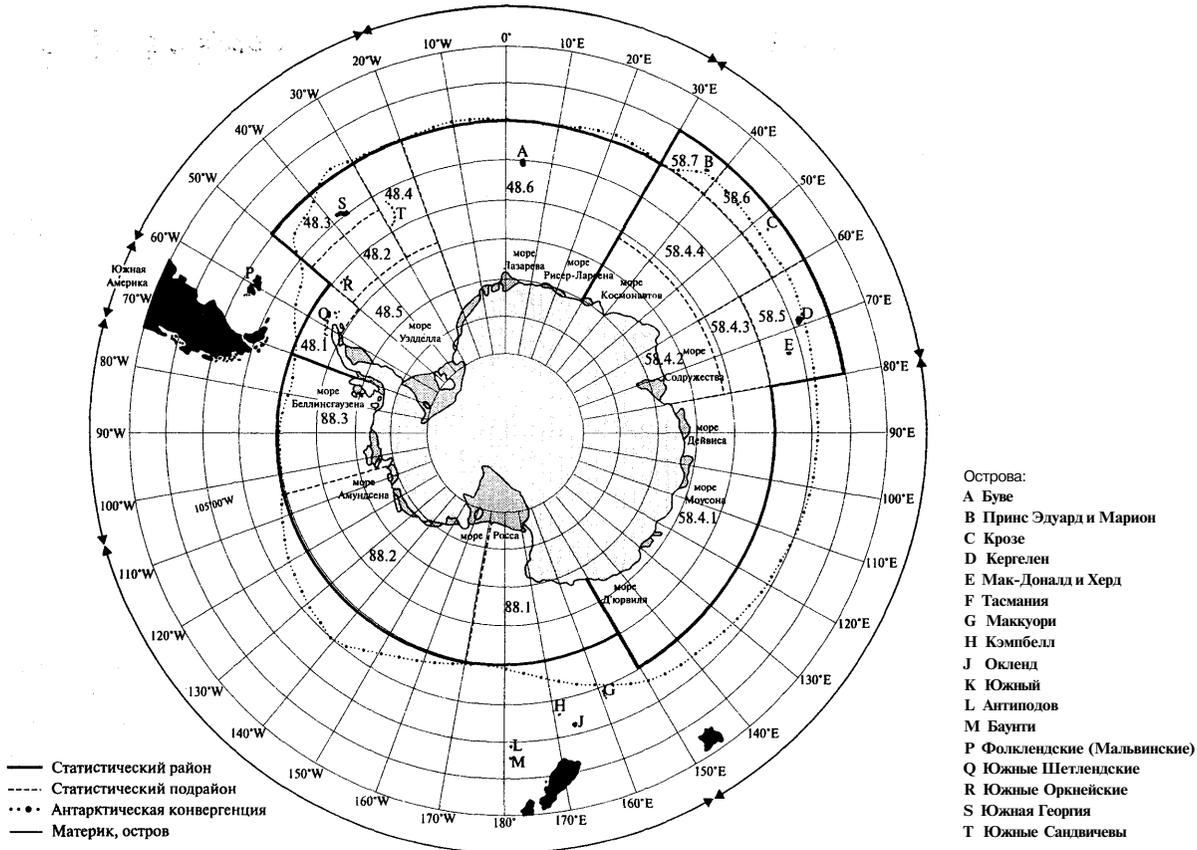


Рис. 4. Деление антарктических вод в соответствии с Международной конвенцией по сохранению морских живых ресурсов Антарктики

2. ХАРАКТЕРИСТИКА КРИЛЯ-СЫРЦА

Результаты первых отечественных исследований криля, как объекта обработки и использования, проведенных ВНИРО и АтлантиРО в 60-е годы, показали большую вариабильность его химического, массового состава и технологических свойств, без учета которых затруднительно оценивать качество криля-сырца и создавать научно обоснованные способы его переработки. Представляется необходимым комплексный подход к изучению криля-сырца, ранее примененный во ВНИРО к изучению новых видов рыб как сырья для обработки и использования, основанный на исследовании их химического, массового состава и технологических свойств с учетом изменений в прижизненном состоянии и под влиянием постмертных автолитических процессов.

Целесообразность такого подхода к исследованию криля-сырца оказалась еще более важной, чем при изучении рыб и других гидробионтов, вследствие особенностей его биологических процессов, биохимического состава и изменчивости в процессе жизненного цикла.

2.1. СТРОЕНИЕ ТЕЛА КРИЛЯ

Антарктический криль имеет удлиненное, напоминающее креветку тело, слегка сжатое с боков и отличающееся от нее выступающими из-под панциря (карапакса) в передней части тела нитевидными и завернутыми в виде спиралей и завитков жабр (рис. 5).

Тело антарктического криля покрыто мягкой, полупрозрачной минерализованной хитиновой кутикулой. Под полупрозрачным панцирем просвечивается буро-зеленый желудок, поджелудочная железа, желтовато-зеленая печень, кишечник, простирающийся до последнего сегмента брюшка, а также красная брюшная нервная цепочка.

Тело рачков делится на головогрудь, покрытую сверху панцирем-карапаксом, и сегментированное, изгибающееся брюшко-абдомен

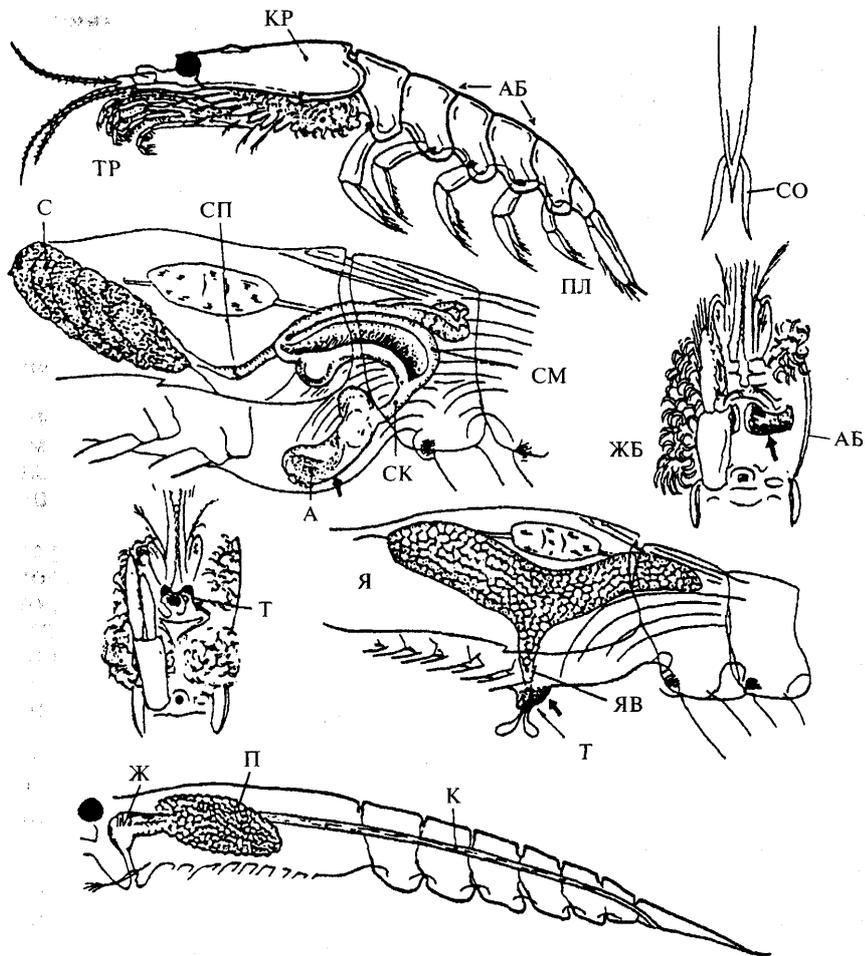


Рис. 5. Общий вид криля, расположение внутренних и внешних гениталий самцов и самок, основные элементы пищеварительной системы:
КР — карапакс; *АБ* — абдомен; *СО* — субапикальные отростки; *ТР* — торакоподы; *ПЛ* — плеоподы; *ЖБ* — жабры; *С* — семенник; *СП* — семяпровод; *СМ* — сперматофорный мешок; *СК* — семяизвергательный канал; *А* — амплитуда семяизвергательного канала; *Т* — теликум; *ЯВ* — яйцевод; *Я* — яичник; *Ж* — желудок; *П* — печень; *К* — кишка

(см. рис. 5). Панцирные покровы и все скелетные образования состоят из хитиновых структур, в ячейках которых откладываются нерастворимые в воде минеральные соли (в основном углекислый кальций). Под панцирем расположена красная (хромопротеидная) кожистая хитиновая пленка — основа будущего панциря, которая в отличие от панциря имеет клеточное строение. Абдомен имеет пять пар плавательных ног (плеоподы), которые, совершая последовательно движения спереди назад, сообщают рачкам поступательное движение вперед с довольно большой скоростью (порядка 400–500 м/ч). В случае опасности рачки резко сгибают брюшко и, отталкиваясь от воды хвостовым веером, совершают резкие и более быстрые прыжки назад.

На передней части головогруды рачка расположены длинные цепки — антенны и датчики. У их основания находится пара больших черных глаз, разделенных острым рострумом.

Внутри головогруды рачков располагаются все жизненно важные органы — желудок, печень, сердце, гонады с проводящими путями. Половые железы у самок при достижении зрелого состояния сильно увеличиваются в объеме и могут достигать более половины массы тела (в среднем 30–35 %).

Конечности головогруды (торакоподы), тонкие, длинные, густо опушенные перистыми щетинками, складываются особым образом, напоподобие горсти и, сжимаясь и разжимаясь, фильтруют воду, отсеживая тонкими щетинками взвешенный в ней фитопланктон. Все это образование называется ловчей корзиночкой. Фильтрация и питание происходит в определенные часы суток и длится тем дольше, чем меньше концентрация в воде пищи — фитопланктона.

Брюшко (абдомен) практически целиком заполнено мышцами, приводящими в движение брюшные плавательные конечности, или плеоподы (их 5 пар). Брюшко заканчивается треугольным образованием — тельсоном, несущим на самом кончике субапикальные отростки ланцетовидной формы. По бокам тельсона располагаются уплощенные хвостовые конечности — уроподы.

Пищеварительная система у эвфаузиид устроена следующим образом. Ротовое отверстие располагается на передней части головогруды, с нижней стороны. Оно окружено спереди верхней губой, а с боков — жевательными конечностями, или мандибулами. Сзади мандибул располагаются еще две пары ротовых конечностей — максиллы, удерживающие и передающие пищу к ротовому отверстию. Короткий пищевод ведет в желудок, располагающийся также в передней части головогруды.

Зрелые самцы отличаются от самок более крупными глазами, более толстым и мощным абдоменом, относительно коротким и узким карапаксом (рис. 6). Половая система самца устроена довольно сложно, но только некоторые, хорошо различимые органы используются для определения стадии зрелости (сперматофорные мешки,

ампулы семяизвергательных каналов, сперматофоры и внешние гениталии самца (см. рис. 5). Из внешних гениталий самца основной интерес представляет так называемая петазма — парный орган, располагающийся на плеоподах первой пары и использующийся при спаривании. Петазма состоит из двух лопастей: более длинной — срединной и обычно вдвое более короткой — внутренней. В зависимости от степени зрелости самца все перечисленные органы различаются по форме и размерам. У зрелых самцов сперматофоры более крупные, петазма в виде загнутой вовнутрь цельной лопасти (см. рис. 5).

Половая система у самки устроена проще. Внутри торака находится яичник, располагающийся, как и семенник у самца, между печенью и сердцем. Внешние гениталии самки представлены теликумом — образованием, развивающимся из элементов последней

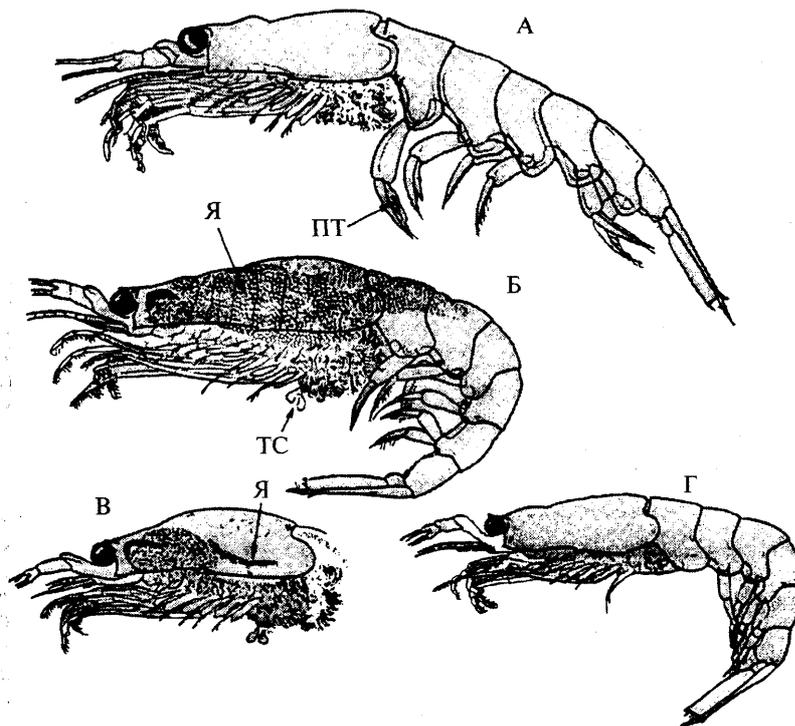


Рис. 6. Различия между самцами и самками криля:
А — самец; *Б* — самка икраяя; *В* — самка, недавно выметавшая икру; *Г* — молодая особь;
ПТ — петазма; *ТС* — теликум со сперматофорами; *Я* — яичник

пары торакальных ног и выроста грудины. У живых зрелых или созревающих особей теликум имеет красную окраску. Прикрепленные сперматофоры видны на теликуме в виде беловатых или прозрачных пузырьков.

2.1.1. Состояние панциря в период линьки криля

Биологической особенностью ракообразных является линька. Во время линьки животное освобождается от старого панцирного покрова и всех твердых панцирных элементов, после чего все части тела увеличиваются в размерах и объеме. Перед линькой панцирь частично деминерализуется, часть минеральных веществ переходит в лимфу и печень, а мясо уменьшается в объеме и становится водянистым. После сбрасывания старого панциря тело животного оказывается в мягком хитиновом чехле, который быстро насыщается солями кальция и твердеет; через 20–30 сут после линьки мясо приобретает нормальные свойства.

Формирование хитинового каркаса будущего панциря происходит задолго до сбрасывания старого панциря в виде подпанцирной пленки, которая к моменту линьки становится плотной и толстой.

Химический состав подпанцирной пленки различен в зависимости от расположения на теле и стадий формирования и изменяется в следующих пределах: вода 68,3–88,0 %; липиды 0,2–0,8 %; азот 1,4–2,4 % и минеральные вещества 9,3–12,2 %. Наибольшее относительное содержание минеральных веществ и наименьшее содержание азота характерно для сформировавшегося панциря. Перед сбрасыванием панциря заметно увеличивается в нем содержание воды и понижается содержание минеральных веществ; в новом, еще не вполне окрепшем панцире — наиболее высокое содержание азота, понижено содержание воды и низкое содержание минеральных веществ. Содержание хитина в сыром панцире изменяется в пределах от 5,4 до 17 % или от 18 до 42 % по отношению к сухому веществу в зависимости от размера рачка.

Минеральные вещества вполне сформировавшегося панциря состоят в основном из углекислого и фосфорнокислого кальция; элементарный состав минеральной части панциря представлен кальцием (3,7–5,3 %), магнием (0,08–0,18 %), натрием (0,3–0,4 %), железом (0,02–0,05 %), алюминием (0,003–0,007 %), фосфором (0,4–0,6 %) и кремнием (0,2–0,6 %); в числе микроэлементов обнаружены йод, фтор, марганец.

Среди прочих характеристик биологического состояния криля, в практических целях при переработке сырья, особое место занимает проблема линечного цикла. Технология отделения панциря для получения мяса аналогична линечному циклу, когда эвфаузииды на завершающей фазе этого цикла сбрасывают панцирь. Наиболее очевидным вопросом прикладного плана следует считать соотно-

шение фаз линечного цикла с уровнем выхода мяса, полученного из криля.

Сразу же после линьки размеры рачков быстро увеличиваются (иногда на несколько миллиметров), а затем затвердевшие покровы фиксируют очертания тела рачка до следующей линьки. С линькой постепенно восстанавливаются утраченные конечности, наконец, процесс линьки очень важен для данных организмов-фильтраторов, поскольку фильтрующие щетинки забиваются постепенно частичками пищи и полностью освободиться от них можно только посредством линьки, сбросив старые покровы.

Поскольку криль растет постоянно, то и линьки повторяются в течение всей жизни рачков. В среднем периодичность линек для криля составляет 13–30 сут. Эти интервалы меняются в зависимости от температуры (чем ниже температура, тем реже линьки), от размера рачков (чем меньше рачки, тем чаще линьки), от сезона (летом, во время активного питания и роста, линьки чаще, чем зимой).

Во время линьки рачки быстро сбрасывают линную кожу (экзувий). При этом теряется 3–5 % (иногда до 14 %) сухой массы тела. Одновременно со сброшенным панцирем теряется до 1–2 % углерода и азота (от сухой массы тела).

2.2. РАЗМЕРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ КРИЛЯ

Размеры рачков являются важным достаточно изменчивым показателем качества сырья, в связи с чем важно правильно оценить и характеризовать их размерный состав.

2.2.1. Проведение массового промера рачков

Техника массового промера криля несложна, но требует соблюдения некоторых правил, обеспечивающих достоверность получаемой информации. Прежде всего необходим правильный, корректный отбор пробы криля для массового промера. Для получения достоверных данных о размерном составе криля бывает достаточно промерить не более 200 рачков, хотя фиксированной эта величина не может быть, и обычно меряют большее число рачков (см. ниже). Кроме того, отбирать сразу необходимую для промера пробу (ориентируясь на объем всей суммы отбираемых рачков) удается только после определенного навыка. В одном и том же объеме мелких рачков бывает в 2–3 раза больше, чем крупных. К тому же объем точной пробы не обязателен, поскольку размерный состав обуславливает разное число особей, необходимое для промера.

В этой связи лучше отбирать из массы выловленных рачков заведомо большее (в несколько раз) число особей. Общее количество рачков (всю пробу) делят на подпробы (пополам, каждую половину еще пополам и т. д. по необходимости). Рачков меряют от пе-

реднего края глаза (совмещая ноль на мерной линейке с глазом рачка) до конца тела — узкой заостренной треугольной пластинки на конце брюшка-тельсона. Начав промерять рачков из первой пробы, ее обязательно обрабатывают до конца, при этом недопустимо выбирать поштучно рачков как из улова, так из анализируемой пробы. Для записи результатов промера рекомендуется использовать заранее разлинованные бланки с подразделением размерной шкалы на 2 мм (рис. 1,а). Обязательно следует применить

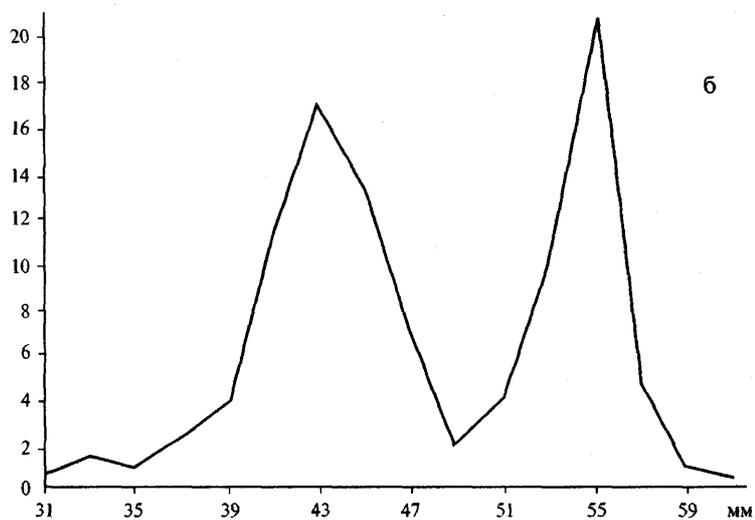
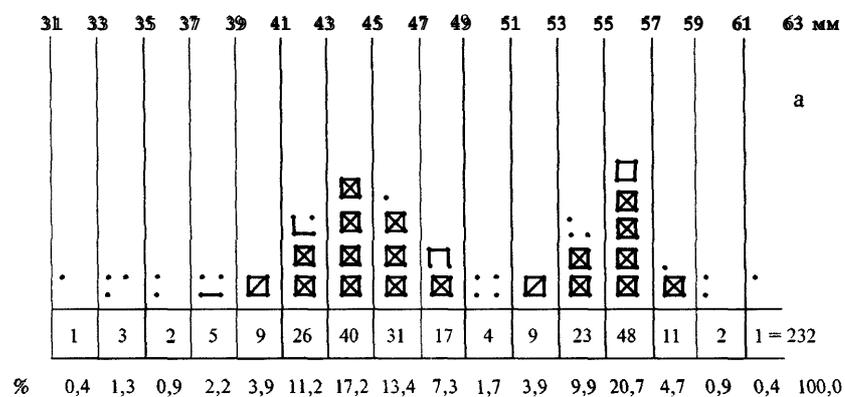


Рис. 7. Результаты промеров криля: а — бланк с подразделением размерной шкалы; б — кривые по результатам проведенного промера

сочетание нечетный — четный (например, 31—32, 33—34 мм). Это размерные классы. Значения размеров ставят точками в соответствующих графах, цифры соответствуют началу каждого размерного класса. Появление достаточно отчетливых пиков-максимумов в размерных классах 43—44 и 55—56 мм служит сигналом прекращения промера (речь идет не о прекращении промера сразу, а об отсутствии необходимости анализировать следующую подпробу). Если четких пиков не получается, то промер ведут дальше. Однако более 300 особей измерять уже не следует. По окончании промера результаты записывают на бланке, подсчитав точки, число особей в каждом размерном классе, суммируют общее число промеренных рачков, вычисляют долю (%) особей, приходящихся на каждый размерный класс, а затем строят вариационные кривые по результатам проведенного промера (рис. 1, б). В техническом отношении удобно по каждому проанализированному улову заводить перфокарту, куда заносят данные массового промера, а также результаты других анализов улова (в том числе технологических), координаты, дату, условия траления (время, глубину, положение эхозаписи и т.д.).

Полученные результаты характеризуют размерный состав улова. Максимумы на вариационных кривых соответствуют модальным значениям размеров рачков. В представленном на рис. 1, б примере модальные классы, или модальные размеры, составляют 43—44 и 55—56 мм (в улове представлены две размерные группы рачков). Иногда, при слабом отличии модальных классов от соседних по частоте (числу особей в каждом размерном классе), можно давать значения в более широком диапазоне; для левого пика это 41—46 мм, при этом указывают также размерные классы, содержащие самых мелких и наиболее крупных рачков общего размерного ряда (пределы размеров). В принципе, возможно вычисление моды и средней величины (формулы можно найти в любом пособии по вариационной статистике). Средний размер следует вычислять отдельно для каждого типа (размерной группы), если их более одного. Это очевидно и для значения моды: обычно недостаточно ограничиваться указанием модальных размеров (модальных классов).

После получения исходных данных о размерном составе криля в данном районе необходимо слежение за его устойчивостью, так как вполне вероятны изменения размеров, происходящие по разным причинам, причем эти изменения сказываются на выходе продукции.

Не всегда имеется время для повторных полноценных промеров (процедура занимает около часа), хотя периодически проводить их, безусловно, следует.

При определенном навыке можно оценить на глаз, просматривая выловленный криль, сохранились ли преобладающие размеры, или произошло изменение. Однако это может быть сделано только при достаточно резких изменениях размеров рачков.

Для более точных и достоверных и одновременно быстрых, оперативных наблюдений за изменчивостью размерного состава рачков следует рекомендовать специальный, достаточно простой показатель, который мы называем здесь "индексом Гройсмана". Индекс, весьма чувствительный даже к сравнительно небольшим сдвигам в размерном составе криля, представляет собой по сути массу средней особи криля в улове. Связь индекса со средними размерами рачков достаточно четкая (рис. 8).

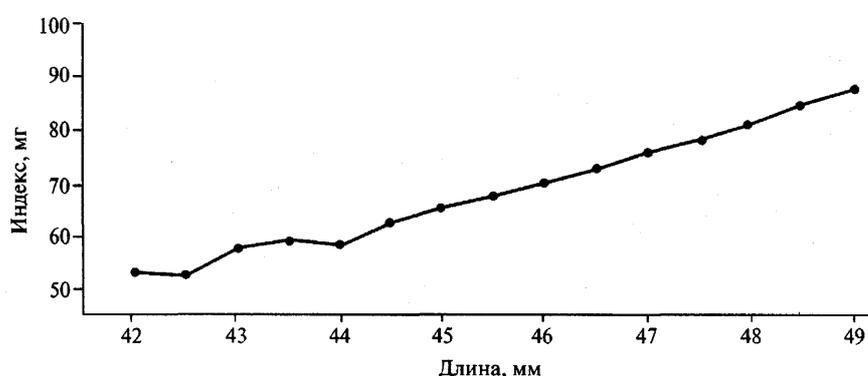


Рис. 8. Зависимость индекса от средних размеров рачка

Для установления "индекса Гройсмана" отбирают произвольную пробу криля объемом примерно 300 см^3 , определяют ее массу, а затем просчитывают число содержащихся в ней рачков. Общую массу пробы делят на число составляющих эту пробу особей и умножают для удобства на 100. Индекс (см. рис. 8) заметно меняется даже при сдвиге средних размеров всего на 0,5 мм. Наилучшие результаты достигаются при однородном криле, когда его размерный состав характеризуется одновершинной кривой (то есть размерный ряд имеет один максимум).

Сравнивая полученные при анализе последовательных уловов значения индекса с линией на графике, определяют соответствующие индексу средние размеры рачков в уловах и устанавливают, изменился ли размер, и если изменился, то насколько. При заметных изменениях индекса рекомендуется повторить и собственно массовый промер.

Однако этот показатель в тех значениях, в которых он приведен на графике (см. рис. 1, б), нельзя использовать в течение всего года. Он приемлем с марта до ноября. В остальные месяцы, когда происходит созревание криля, а также в период нереста и сразу же после него, возможны ошибки. В этот интервал времени размер криля будет определяться массой гонад, увеличивающейся непро-

порционально размерам самок. Как было установлено, масса гонад полностью созревших самок криля может составлять до 30–40 % и даже 50 % массы тела. После нереста, сохраняя те же размеры, самка теряет указанную долю массы. Изменения в действительности еще большие, так как вскоре происходит прибавление массы тела при тех же размерах.

Во всех этих случаях зависимость между размерами и массой рачков будет иной, возникают дополнительные трудности, пути преодоления которых рассматриваются ниже.

Можно рекомендовать проведение регулярных анализов массы вылавливаемого криля. Однако изменения его состояния происходят настолько скоротечно, что повторы этих анализов будут необходимы, по крайней мере, раз в неделю (при условии работы судна в одном и том же месте).

2.2.2. Анализ массы криля

Анализ массы криля проводят в разных целях. Обычно бывает достаточно оценить общую массу отсортированных по "цветности" или зрелости особей. Все эти группы могут включать разных по размеру особей, и соотнесение с величиной улова лучше проводить не по процентному соотношению числа особей, входящих в эти группы, а исходя из массы рачков этих групп, т.е. массовому проценту.

Часто практикуется определение массы криля после промера тех же рачков. По ходу промера рачков постепенно раскладывают на группы соответственно заданным интервалам размеров (которые могут не соответствовать размерным классам промера, т.е. возможно их укрупнение, включение по несколько двухмиллиметровых размерных классов). Затем определяют массу каждой группы и делят ее на число особей. Для повышения репрезентативности результатов рачков редких размеров (самых мелких и наиболее крупных) можно добирать из оставшихся не использованными для промера подпроб. При этом следует учитывать, что добираемые особи не должны, естественно, включаться в результаты собственно массового промера.

По данным анализа массы криля можно рассчитать исходные величины для вычисления "индекса Гройсмана". В результате проведенного анализа массы рачков получают среднюю массу особей каждого размерного класса, умножают ее на частоту каждого размерного класса. Сумма массы всех проанализированных особей, поделенная на общее число особей и умноженная на 100, даст "индекс Гройсмана".

Подобные расчеты особенно важны, как указывалось выше, в сезон созревания и нереста криля. Приведенная на рис. 8 зависимость отвечает сезону вне активной репродуктивной фазы прижизненного цикла криля. Для других сезонов таких данных нет. При

Таблица 2
Соотношение длины и массы криля
разных периодов лова

Время добычи	Длина, мм	Масса, г	Количество экземпляров в 1 кг
Декабрь	21-60	0,11-2,00	1640
Январь	25-49	0,20-1,02	1710
Февраль	15-50	0,30-1,20	1870

проведении подобных наблюдений рекомендуется сопоставлять значения индекса не только со средними размерами рачков в улове, но и с соотношением стадий зрелости самок.

Размерно-массовый состав криля приведен в табл. 2.

Результаты исследований Сафроновой [51] по определению

массового состава криля свидетельствуют о том, что он существенно изменяется в процессе роста и развития криля и зависит от его размеров (табл. 3).

Таблица 3
Изменение массового состава частей криля (%) в зависимости от длины и массы его тела

Длина тела, мм	Масса одного экз., г	Абдомен	Головогрудь	Мясо абдомена	Содержимое головогрудки	Сырой панцирь
29,3	0,18	50,0	50,0	25,2	27,4	42,3
44,8	0,54	57,4	42,5	32,5	26,5	41,7
54,8	1,96	39,1	60,9	17,1	35,1	41,1
52,4	1,23	61,0	39,0	35,9	16,1	43,3

В табл. 4 данные, приведенные Шибата [97] и Сузуки [98], указывают на соотношение частей тела криля (процент от свежего, целого криля).

Таблица 4
Соотношение частей целого свежего криля

Часть тела	Мясо абдомена	Желудок	Подпанцирная пленка	Карапакс	Потери при разделке	Всего
Процент от целого криля	26,7	8,0	10,8	48,5	6,0	100

Андреев [3] приводит данные по массовому составу криля разного размерного ряда (табл. 5).

Данные, представленные в табл. 5, указывают, что панцирь криля при разделке его препаративным путем, составляет значительную величину (41,1—43,3 %) от массы целого рачка.

У самок IV ряда при созревании от IV к V стадии происходит резкое увеличение общей массы за счет увеличения массы головогрудки, что связано с начавшимся интенсивным развитием яичников

Таблица 5

**Массовый состав криля (по средним данным)
в зависимости от его размера (% к массе целого криля)**

Размерный ряд	Средняя длина, мм	Средняя масса экземпляра, г	Масса, %				
			шейки	головогруды	мяса шейки	содержимого головогруды	сырого панциря
<i>Половозрелые рачки</i>							
I	29,3	0,18	50,0	50,0	25,2	27,4	42,3
II	38,8	0,36	55,6	44,4	28,7	-	-
III	44,8	0,54	57,4	42,5	32,2	26,5	41,7
IV	51,7	0,91	58,2	41,8	35,0	-	-
<i>Неполовозрелые рачки</i>							
V	54,8	1,96	39,1	60,9	17,1	35,1	41,1
Самки							
VI	52,4	1,23	61,0	39,0	35,9	16,1	43,3
Самцы							

при значительном уменьшении (до 39,1 %) доли шейки от общей массы рачков. У самцов в этот период также наблюдается резкое увеличение общей массы, причем доля шеек возрастает (до 61 %), что обуславливается особенностями биологического развития самцов.

Масса глаз пропорциональна массе тела целого рачка.

При этом массовая доля глаз криля каждого размерного ряда различна. Наибольшую долю глаз составляют глаза рачков первого размерного ряда — 2,52 %.

С увеличением массы криля уменьшается доля глаз до 1,3 %.

Массовый состав криля в процессе его роста и развития изменяется в значительных пределах. Выход мяса шеек колеблется от 17,1 до 35,9 % от массы целого криля и зависит от длины и биологического состояния рачков.

2.2.3. Питание криля

2.2.3.1. Анализ питания криля

По способу питания криль является безвыборочным фильтратором. Основной пищей служит фитопланктон, обычно диатомовые водоросли, при этом у него отсутствует избирательная способность к пище. Поступая в тело рачка, содержимое клеток водорослей окрашивает отделы пищеварительной системы в зеленый цвет. Особенно заметно изменение цвета печени, обычно ярко-зеленый у интенсивно питающихся рачков (см. цветную вклейку, рис. 1). Хорошо видно (у живых, прозрачных рачков) и содержимое желудочно-кишечного тракта. Все это позволяет быстро оценивать степень накормленности рачков (наполнение желудка, цвет печени и

наполненность кишечника). В питании криля наблюдается четко выраженный суточный ритм с двумя максимумами интенсивности — дневным и ночным. Суточный ритм питания определяет время образования скоплений, которое связано с количеством фитопланктона. В результате суточный ритм питания определяет время образования скоплений. Закономерность образования скоплений в определенные часы суток, когда криль имеет минимум интенсивности питания, указывает на биотический характер образования скоплений, а стайное поведение образования скоплений криля имеет защитно приспособительное значение и вытекает из образа питания криля в поверхностном слое воды.

Качественный состав пищи мелкого (1—4 мм) и крупного (4—6 мм) криля, а также качественный состав пищи рачков, взятых из различных районов, за редким исключением сходен. Пища рачков состоит в основном из мелких форм фитопланктона, не превышающего 40 мкм и не препятствующего попаданию их в ловчую корзину криля. Фильтрующим аппаратом является корзина, образованная густо оперенными торакоподами. Вода под действием плеопод гонится по направлению к голове, попадая в корзину через щель. Из корзинки пища быстрой вибрацией торакопод подается к ротовому отверстию, измельчается мандибулами и заглатывается. Уже в корзинке происходит частичное измельчение крупных водорослей. При обламывании клеток часть хлоропластов теряется, застревает и накапливается на щетинках торакопод, отчего корзинки активно питающихся особей приобретают зеленый цвет.

Проглоченная пища попадает в первый отдел желудка, где происходит дальнейшее размельчение и сортировка. При сокращении желудка от пищевого комка отделяется жидкая часть пищи и проходит через систему фильтров во второй отдел желудка и затем в печень.

Так как жидкая часть пищи содержит большое количество хлоропластов, печень приобретает зеленую окраску, интенсивность которой связана с количеством пищи и процессом ее усвоения. По изменению окраски печени оказалось возможным судить, питается ли рачок и какая пища преобладает. При отсутствии в рационе фитопланктона печень рачков обычно светло-желтого цвета или прозрачная.

Наблюдая за изменениями окраски желудка и печени в течение суток, можно заметить две фазы, соответствующие процессам поглощения и усвоения пищи. Оба процесса протекают одновременно, но поглощение происходит гораздо быстрее, что и определяет особенности ритма питания. В тех случаях, когда корма достаточно, желудок никогда не бывает пустым, только изменение цвета желудка указывает на ритм процессов питания. Изменение окраски содержимого желудка от темно-бурой к светло-зеленой свидетельствует о процессе поглощения пищи. Ярко-зеленый цвет соответствует наиболее интенсивному питанию.

При малом количестве фитопланктона поступление новой пищи происходит медленнее, чем удаление остатков старой, и начало поглощения пищи может быть отмечено по освобождению желудка от попавшей туда ранее неусвоенной части пищи. Количество вновь поступившей в желудок пищи при этом бывает незначительным, а ее концентрация очень низкой; содержимое желудка в этом случае светло окрашено, его трудно заметить, и создается впечатление, что желудок становится пустым.

Подобным образом о ритме питания рачков можно судить по степени заполнения кишечника темными остатками старой и светлыми остатками новой, свежей пищи.

Обломки створок диатомей, минеральные частицы и другой съедобный материал поступает из первого желудка в кишечник, где происходит формирование фекального комка.

Качественный состав пищи в настоящее время изучен недостаточно полно.

Некоторые наблюдения позволяют сделать вывод об отсутствии избирательности в питании криля. Просмотр содержимого желудков криля, взятого из районов цветения, показал, что все желудки были наполнены исключительно фитопланктоном. При этом основную часть содержимого желудков составляли те виды водорослей, которые были массовыми в планктоне на этих станциях. В районе острова Южная Георгия, где цветение отсутствовало, на одной из станций после сильного шторма желудки и кишечники у всех рачков (100 шт.) были наполнены минеральными частицами. В период массовой линьки криля в желудках многих рачков были найдены остатки панциря этого вида. Неоднократно отмечались обрывки многочисленных водорослей, в двух случаях остатки копепод.

Применительно к тихоокеанским эвфаузидам [44] при отсутствии достаточного количества фитопланктона криль переходит на питание зоопланктоном. То же наблюдается и для криля Индийского океана. По существу, большинство эвфаузиид, можно считать эврифагами.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что, поскольку зоопланктон имеет ничтожное значение в питании криля, его существование в большей степени зависит от развития фитопланктона, чем других видов эвфаузиид. Следствием такой тесной связи криля с фитопланктоном и является, по-видимому, особенность суточного ритма его питания. Суточные изменения в пищеварительном аппарате криля представлены на рис. 9.

Полученные данные показывают наличие двух максимумов в питании рачков в ночные и дневные часы. Однако дневной максимум оказался более растянут во времени, чем ночной.

Развитие фитопланктона происходит в основном в верхнем слое воды.

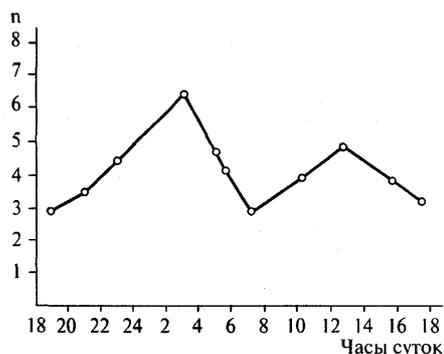


Рис. 9. Суточный ритм питания *E. superba* в экваториальном опыте

Рассмотренные материалы показывают, что суточный ритм питания криля в течение всего периода исследований оставался одним и тем же, то есть откорм криля происходил два раза в сутки, примерно в одни и те же часы; для каждого отдельного района эти кривые имеют свои особенности. Вершины кривой для района моря Уэдделла к югу от Южных Оркнейских островов (рис. 10) оказались очень четкими, а высота ночного пика почти в два раза превышала высоту дневного. Изменения, происходившие в пищеварительной системе криля, показали, что основной откорм в этом районе происходил в ночные часы. Обычно половина длины кишечника рачка заполнена свежей пищей, при этом старая фекальная масса просматривается в кишечнике на протяжении 4-х сегментов. В период ночного максимума такие активно питающиеся рачки составляли 90 и даже 100 % всех просмотренных экземпляров. В это время криль держался в верхнем слое воды примерно до глубины 25 м. Этот слой условно назвали зоной откорма криля.

В ранние утренние часы (около 2—3 ч) питание криля прекращалось и он опускался в более глубокий слой — до 50—60 м.

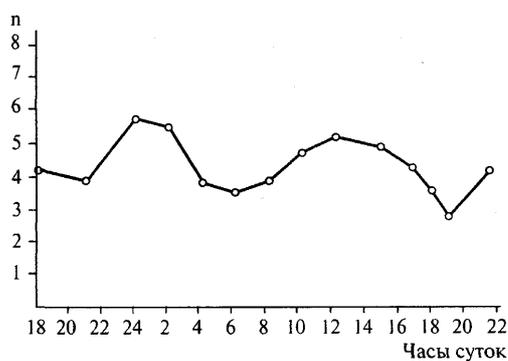


Рис. 10. Суточный ритм питания *E. superba* района моря Уэдделла к югу от Южных Оркнейских островов

Во время второго, дневного пика активно питающиеся рачки составляли лишь 50 % всех просмотренных экземпляров. Эхолотные записи показывают, что только часть скоплений криля в это время поднималась в поверхностный слой для откорма, значительно большее количество скоплений оставалось на глубине, и только по истечении 19—20 ч, когда начинался ночной период откорма, они поднимались к поверхности.

2.2.3.2. Анализ цветности криля

Наиболее прост, но в то же время весьма информативен анализ цветности печени рачков. Исследования, проведенные АтлантНИ-РО и море Скотия, позволили разработать шкалу цветности, характеризующую окраску печени рачков и, в частности, цветовые варианты печени (см. цв. вкл., рис. 1, рис. 2, I—IV). Рисунки подобраны таким образом, что варианты зеленой окраски печени повторяются при разной степени развития красного пигмента, содержащегося и панцире рачков. При этом цвет печени обозначался римскими цифрами (четыре варианта), а интенсивность красного пигмента — арабскими (шесть вариантов). Сочетаниями тех и других (всего 24 сочетания) описываются любые варианты общей окраски рачков.

Использование этих двойных индексов важно при дифференцированном анализе материала, при котором учитываются, например, фазы линечного цикла, равно как и прочие характеристики.

В данном случае при исследовании собственно зеленого криля можно использовать четыре варианта окраски печени, которые соответствуют разной степени интенсивности питания (накормленности) рачков.

Определение типа окраски криля лучше проводить, пользуясь одновременно рисунками и табл. 6. При этом следует иметь в виду важность такой характеристики, как прозрачность печени, позволяющей предварительно оценивать пригодность рачков для выпуска пищевой продукции (см. табл. 6).

Таблица 6

Характеристика типов окраски криля

Тип окраски		Окраска печени	Прозрачность печени	Пригодность для выпуска пищевой продукции
Номер	(Название)			
I	[Красный (розовый)]	Бесцветная или слегка зеленоватая	Прозрачная	Пригоден
II	(Светло-зеленый)	Светло-зеленая	—”—	—”—
III	(Зеленый)	Зеленая	Малопрозрачная	Ограниченно пригоден
IV	(Темно-зеленый)	Темно-зеленая разных оттенков	Абсолютно непрозрачная	Не пригоден

Как видно из табл. 6, наиболее важно с практической точки зрения выделять типы окраски III и IV, поскольку именно они характеризуют изменения качества сырца в неблагоприятную сторону.

Следует указать некоторые обязательные условия проведения анализа. Прежде всего необходимо анализировать живых, светлых рачков. Рачки не должны быть повреждены. У хранившегося кри-

ля быстро изменяется окраска, содержимое печени вытекает через ротовое отверстие. Особенно быстро эти изменения наступают при повышенной температуре, поэтому сортировку криля следует проводить сразу после выливки улова, в защищенном от ветра месте, но при достаточно ярком освещении. Рачков раскладывают на белом фоне по цветовым группам. Подобная сортировка после приобретения навыка особых затруднений не вызывает. Количество экземпляров криля должно быть не менее 100–200.

После завершения сортировки рачков определяют соотношение особей каждой цветовой категории, выражая его в долях по численности или в весовых единицах.

Для более полной характеристики интенсивности питания криля анализируют также содержимое желудка и кишечника. Их исследование предполагает использование оптики (бинокулярного микроскопа или лупы). Наполнение желудка оценивают по обычной пятибалльной шкале:

- 0 — желудок пустой;
- 1 — желудок, наполненный менее 50 %;
- 2 — примерно на 50 %;
- 3 — более 50 %;
- 4 — желудок полный.

2.2.4. Оценка степени зрелости криля

Исследование основных, практически наиболее важных характеристик криля как технологического сырья (размерный состав и питание) будут более понятны, если параллельно оценивать физиологическое состояние рачков по степени их зрелости. Как уже отмечалось выше, степень зрелости самок влияет, в частности, на соотношение размеров и массы рачков при использовании "индекса Гройсмана". Очень часто по-разному питаются молодь и половозрелые рачки (или самцы и самки). Наконец, у самок, несущих внутри торакса зрелую икру, общий биохимический состав оказывается весьма отличным от наблюдающегося у незрелых самок, самцов или молоди. Процент "икряных" самок в этом отношении может оказаться очень важным показателем, влияющим на качество продукта из криля.

Анализ физиологического состояния представляет несколько большие трудности, требует навыка. Но использование этой информации исключительно важно при оценке сырья.

Оценка степени зрелости рачков в улове предполагает выделение молоди из общего числа рачков, сортировку их на самцов и самок и классификацию по стадиям зрелости. Обычно эти операции проводят параллельно. Однако следует рассмотреть эти этапы отдельно, поскольку классификация рачков по зрелости и полу требует учета специфических признаков.

2.2.4.1. Отличительные особенности самцов и самок

Признаки полового диморфизма, позволяющие отличать самцов от самок, появляются у рачков после вступления их в окончательную фазу созревания.

Созревшие самки и самцы хорошо различаются (см. цв. ВКЛ, рис. 3). Самки, как правило, менее ярко окрашены, чем самцы (особенно в области торакса). Половозрелые самцы имеют более широкие членики брюшка, несколько угловатой формы, более сильные плавательные конечности (плеоподы). Карапакс у самцов, как правило, короче, чем у самок, глаза крупнее.

Самки имеют более тонкий abdomen, пропорционально несколько более длинный карапакс. По мере созревания наиболее заметные отличия приобретают самцы, тогда как самки почти до периода полной зрелости больше напоминают незрелых особей. После нереста самцы теряют признаки полового диморфизма и их часто путают с самками (если оценку ведут только по внешнему облику рачков). В этой связи первое время требуется известная осторожность, а при отсутствии должного опыта рекомендуется проверять результаты с помощью препарирования рачков.

Наиболее четким признаком, позволяющим при небольшом на-----ке безошибочно находить созревающих и зрелых самок криля, является красное пятнышко в центре нижней поверхности задней части торакса — теликуме. Оно располагается несколько отступя от границы головогруды и брюшка. На нижней стороне тела самца, примерно в том же месте, что и у самки, также есть образования красного цвета — "ампулы", в которых созревают сперматофоры. Это парные образования (тогда как теликум — одиночное), они располагаются у самой границы с брюшком, а не отступя от нее, как теликум. Следует также помнить, что теликум находится у основания последней, задней пары торакальных ног, тогда как "ампулы" еще дальше, ближе к заднему краю брюшка, где ног нет. Отметим также, что теликум бывает часто не ярко-красным, а коричневатым.

При первом знакомстве следует рассматривать рачков под сильной лупой или под биноклем. При этом рачка лучше поместить в воду (в чашку Петри). Теликум, а особенно "ампулы", закрыты нитями жабер, и поэтому не сразу различимы. Пол можно определить при небольшом увеличении (под биноклем) по внешним половым признакам.

Для самок, как уже указывалось, отличительным признаком является теликум. Располагаясь у основания последней пары ног торакса, он развивается за счет элементов этих ног, имеет вид трехлопастного чашевидного образования.

У самцов таким четким признаком является наличие петазмы. Петазма (парный орган) располагается на задних поверхностях внутренних ветвей первой пары плавательных ног — плеоподов.

2.2.4.2. Выделение молоди и созревающих самцов

Как было указано выше, по теликуму находят созревающих и зрелых самок. Вместе с тем не отделенными друг от друга остаются самцы и молодь. Часть самцов может быть отобрана по признакам полового диморфизма. Однако они выражены лишь у полностью созревших особей. В этой связи прибегают к следующему приему. Практика показала, что особи, имеющие сходные размеры с несущими окрашенный теликум самками, обязательно оказываются самцами. Ориентируясь на самых мелких особей, несущих окрашенный теликум (нижний предел размеров), можно отделить

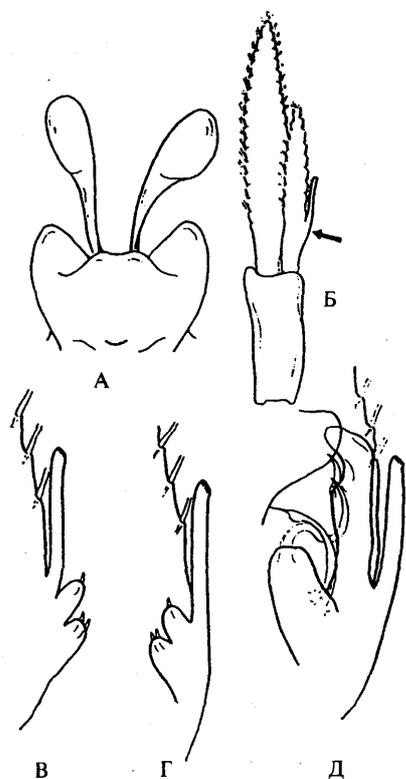


Рис. 11. Строение теликума и петазмы — первичных половых признаков крыля: А — теликум; Б, В, Г — петазма в отогнутом виде и сложенном положении соответственно; Д — петазма в более зрелой стадии развития

созревающих самцов от самок и получить в результате две группы рачков, различающихся по полу. Еще более мелкие рачки, среди которых нет особей с красным пятнышком теликума, представляют собой молодь. Граница между молодью и созревающими рачками не всегда четкая, так как окраска теликума имеет разную интенсивность (у менее зрелых самок теликум слабо-розовый). Незрелые самцы и самки, находящиеся на стадии молоди, по своему состоянию (в частности, по биохимическому составу или по физиологическим характеристикам) практически одинаковы, и их подразделения не имеют принципиального значения.

В случае необходимости всегда можно подразделить по полу особей любых размеров с помощью оптики. При этом сортировку ведут по наличию петазмы. Она в том или ином виде (степени развития) присутствует у самцов, уже начиная с длины тела 28 мм. При сортировке все особи, начиная с этого размера, лишённые петазмы, — самки. Петазма обычно сложена и направлена лопастями внутрь пластинки плавательной ноги (рис. 11).

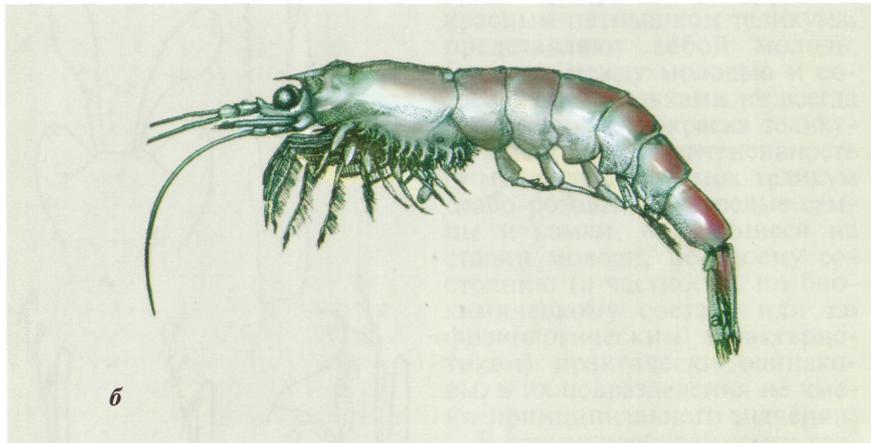
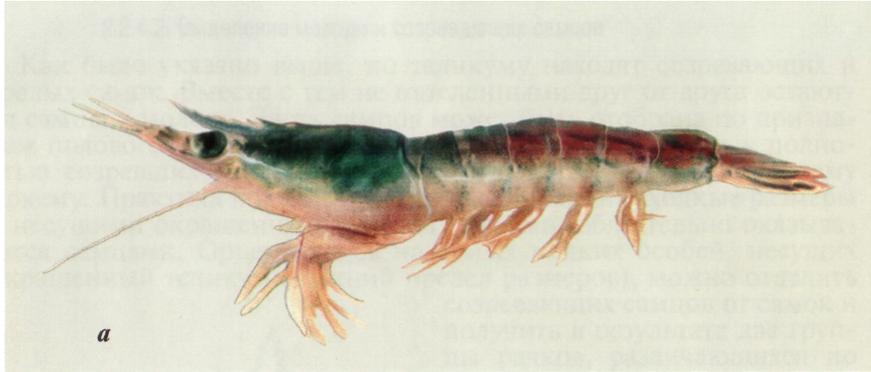


Рис. 1. "Зеленый криль": *a* — самец; *b* — самка



Рис. 2. Цветовая шкала окраски криля (I—IV)



Рис. 2. Продолжение (//)



Рис. 2. Продолжение (*III*)



Рис. 2. Окончание (*IV*)

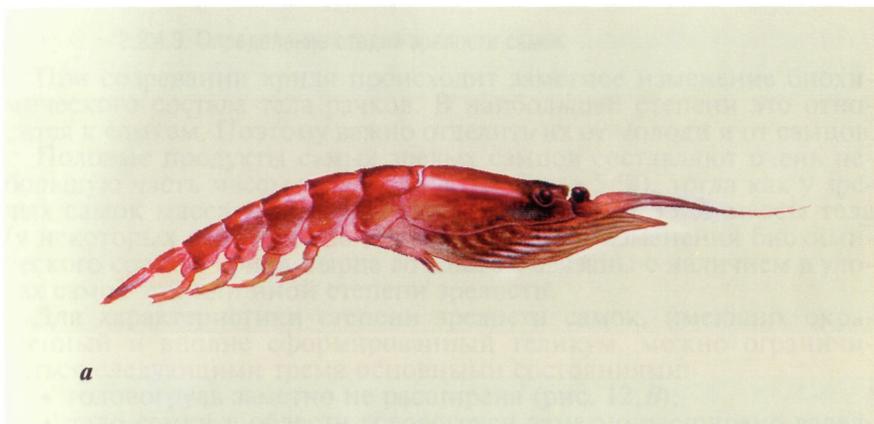


Рис. 3. Внешний вид половозрелого самца (а) и полностью созревшей самки (б)

2.2.4.3. Определение стадий зрелости самок

При созревании криля происходит заметное изменение биохимического состава тела рачков. В наибольшей степени это относится к самкам. Поэтому важно отделить их от молоди и от самцов.

Половые продукты самых зрелых самцов составляют очень небольшую часть массы тела рачков (не более 5 %), тогда как у зрелых самок масса яичника достигает в среднем 35 % массы тела (у некоторых особей до 50 %). Понятно, что изменения биохимического состава криля-сырца во многом связаны с наличием в уловах самок той или иной степени зрелости.

Для характеристики степени зрелости самок, имеющих окрашенный и вполне сформированный теликум, можно ограничиться следующими тремя основными состояниями:

- головогрудь заметно не расширена (рис. 12,5);
- тело самки в области головогрудки заметно расширено вследствие окончательного созревания половых клеток, внутри головогрудки белая масса — икра. Это так называемые икряные, полностью созревшие самки (рис. 12,А);
- головогрудь заметно расширена (как и у икряных самок), но внутри тела рачка — пустое пространство, остающееся после вымета икры (рис. 12,Б).

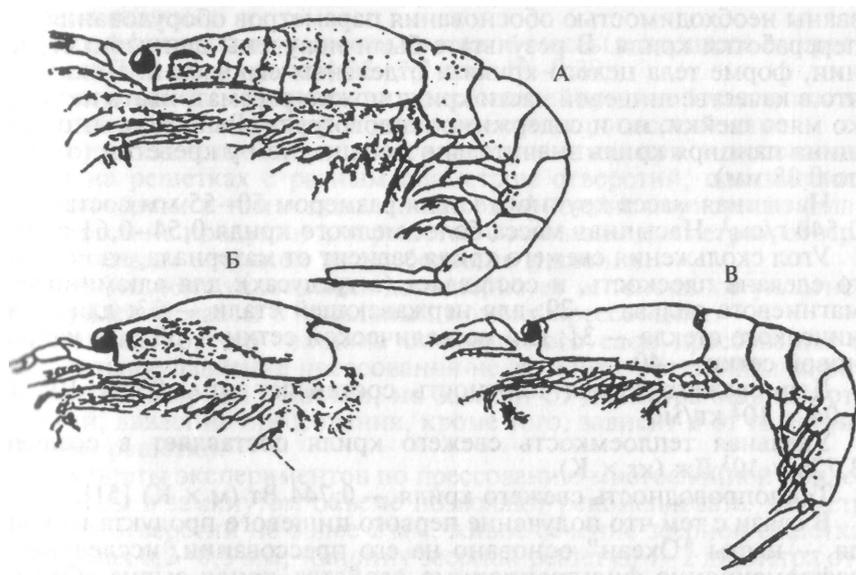


Рис. 12. Внешние черты особей криля разного состояния: А, Б — икряная и отнерестившаяся самка; В — неполовозрелая особь

Использование этих градаций возможно только в период созревания и нереста криля. Обычно это период с ноября по март включительно. Через определенное время после завершения нерестового сезона все самки "концентрируются" только на стадии I. Более того, отнерестившиеся самки утрачивают окраску теликума и внешне ничем не отличаются от незрелых самок. В итоге может оказаться, что весь улов или подавляющее большинство особей состоит из одних "незрелых" самцов.

На данной фазе жизненного цикла самцы и самки в биохимическом отношении едва ли заметно различаются. Однако при необходимости разделения полов это можно сделать только с помощью оптики. При этом достаточно подразделения рачков по наличию петазмы и теликума. Граница между молодью и отнерестившимися особями оценивается не из размеров самых мелких самок, имеющих окрашенный теликум, а по размерам мелких самок, с полностью сформированным теликумом.

2.3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИЛЯ

Исследования физико-механических характеристик криля проведены ВНИРО в период с 1966 по 1977 г. на борту НПС "Академик Книпович" и БМРТ "Н. Островский". Эти исследования вызваны необходимостью обоснования параметров оборудования для переработки криля. В результате были получены данные о строении, форме тела целого криля и отдельных его частей. Показано, что в качестве пищевой части криля можно рассматривать не только мясо шейки, но и содержимое головогруды. Выявлено, что толщина панциря криля значительно меньше, чем у креветки (от 0,02 до 0,08 мм).

Насыпная масса крупного криля размером 50–55 мм составляет 0,540 г/см³. Насыпная масса более мелкого криля 0,54–0,61 г/см³.

Угол скольжения свежего криля зависит от материала, из которого сделана плоскость, и составляет (в градусах): для алюминиево-магниевого сплава — 29; для нержавеющей стали — 33; для органического стекла — 31; для металлической сетки — 38; для капроновой сетки — 40.

Для свежего криля плотность составляет от $1,03 \times 10^3$ до $1,04 \times 10^3$ кг/м³.

Удельная теплоемкость свежего криля составляет в среднем $3,726 \times 10^3$ Дж (кг × К).

Теплопроводность свежего криля — 0,744 Вт (м × К) [51].

В связи с тем что получение первого пищевого продукта из криля — пасты "Океан" основано на его прессовании, исследованы деформационно-фильтрационные свойства криля-сырца. Отжим дисперсного продукта зависит от таких его свойств, как пористость, степень дисперсности, влагосодержание и др. Знание этих

свойств позволяет правильно рассчитывать и проектировать рабочие органы машины. Так, например, по компрессионной зависимости можно выбрать величину давления, необходимого для той или иной степени отжима, а также определить рациональные пределы нагрузок. При изучении процесса отжима дисперсных пищевых продуктов в настоящее время используют теоретические разработки в области механики грунтов, при этом считая, что прессуемый продукт представляет двухфазную систему, состоящую из сжимаемой твердой фазы (скелета) и жидкой, представляющей содержимое головогруды и мясо криля. При приложении нагрузки уплотняется скелет и от него отделяется свободная, несвязанная жидкость, способная двигаться в порах продукта под действием обычных градиентов давления и силы тяжести. Определены деформационно-фильтрационные характеристики криля-сырца (степень дисперсности, пористость, скорость фильтрации), построена компрессионная кривая и получены данные по степени изменения объема, определен коэффициент уплотнения.

Изучение деформационно-фильтрационных свойств крилевого сырья, определяющих гидродинамику его отжима, позволило установить следующее:

- коэффициент неоднородности состава крилевой массы не превышает 32 %, что обеспечивает хорошие гидродинамические условия отжима;
- коэффициент пористости крилевой массы в процессе ее прессования уменьшается от 4,25-7,7 до 0,10—0,39;
- скорость фильтрации при прессовании крилевой массы носит нестационарный характер и уменьшается в процессе отжима.

Компрессионные зависимости, полученные при прессовании криля на решетках с разным диаметром отверстий, показывают, что при одном и том же давлении коэффициент пористости (влажность продукта) для решеток с меньшим диаметром отверстий и живым сечением имеет большие значения.

Коэффициент уплотнения характеризует интенсивное уплотнение крилевой массы в начальный момент прессования.

Установлено, что толщина оптимального слоя прессования и оптимальное давление прессования не зависит от величины живого сечения зерной решетки, но зависит от диаметра зерных отверстий; давление прессования, кроме того, зависит и от толщины зерной решетки.

Результаты экспериментов по прессованию многослойной крилевой массы в замкнутом объеме позволяют рекомендовать: диаметр зерных отверстий не более 2 мм, живое сечение зерной решетки в пределах 0,2—0,3 мм, толщину зерной решетки 1—2 диаметра отверстий, высоту прессуемого слоя 17—25 мм, конечное оптимальное давление прессования 1,3-1,5 кг/см².

Полученные данные позволяют отпрессовывать из криля мясо с допустимым содержанием панциря и могут быть использованы при разработке специализированного прессового оборудования для обработки криля.

2.4. ОБЩИЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРИЛЯ И ОТДЕЛЬНЫХ ЕГО ЧАСТЕЙ

Комплексные работы по изучению биологии, распределения антарктического криля, технологии его обработки чрезвычайно разнообразны и охватывают самые различные области научных знаний. В этой связи наиболее эффективными являются исследования, проводимые в специализированных крилевых экспедициях на научно-исследовательских судах. Важная информация может быть получена также и в рейсах поисковых судов промразведок и рыбопромысловых экспедиций.

Первые отечественные технологические исследования криля-сырца, проводившиеся в районе острова Ю.Георгия в 60-х годах, свидетельствуют о том, что криль-сырец характеризуется довольно стабильным химическим составом и свойствами.

Однако расширение сезонов и географии промысла, вовлечения в промысел разных популяций показали, что криль-сырец имеет довольно значительную изменчивость химического состава и свойств в зависимости от прижизненного состояния (размер, пол, возраст, район обитания, межгодовые различия), а также в результате посмертных автолитических процессов вследствие активной ферментативной системы. Без знания этих закономерностей затруднительно решать вопросы сохранения криля-сырца и его переработки.

Данные по химическому составу криля, полученные разными авторами, весьма разноречивы вследствие по крайней мере трех основных причин:

- биологическая неоднородность проб, т.е. различие исследуемых рачков по полу, возрасту, размеру, степени развития гонад, интенсивности питания, а также периодов и районов вылова;
- длительное или неблагоприятное хранение образцов, что может существенно повлиять на качественный состав липидов, содержание некоторых азотистых и других веществ;
- использование различных методов подготовки проб и их анализа.

Известно, что в ходе промысла, который ведется большую часть года, состояние криля меняется в сезонном плане, а также в зависимости от района лова. Иногда эти изменения даже в одном и том же районе оказываются весьма существенными, происходят в течение нескольких дней, а иногда даже от траления к тралению. Они неизбежно сказываются на возможностях переработки сырья, вы-

ходе и качестве получаемой продукции. Подобные изменения в состоянии криля в основных их проявлениях обнаруживаются даже визуально, по цветности рачков. Причины подобных изменений криля в большинстве случаев вполне объяснимы. Весной криль питается, летом созревает, переходя, таким образом, из зеленого в желтый (красный), затем в розовый и, наконец, в белый цвет. Молодь, естественно, ведет себя иначе. В разное время суток в рабочем слое промысла (горизонт лова, где обычно ведут траления) оказываются разные по состоянию рачки, которые в некоторых районах могут скапливаться (не обязательно при этом перемешиваясь). Это все ведет к периодическим изменениям состава улова.

Таким образом, происходящие изменения качества криля-сырца связаны с естественными биологическими причинами, определяемыми как прохождением рачками их жизненного цикла, так и изменениями поведения криля. Предсказать ход этих изменений во времени и пространстве можно лишь в достаточно общем виде вследствие изменчивости условий среды (пространственных, сезонных, межгодовых).

Таким образом, необходим дифференцированный подход к изучению закономерностей изменения химического состава криля, который позволит понять некоторые стороны биологии данного вида.

Дифференцированный подход при отборе проб с учетом размеров рачка, пола, возраста и его физиологического состояния обеспечит более полные представления об изменениях химического состава криля.

Отмеченные многими авторами сезонные изменения химического состава криля, в частности резкое увеличение содержания липидов в вегетационный период, которое фиксировалось по средним пробам (без учета биологического состава улова), скорее отражают качественные изменения состава популяции рачков и прежде всего гибель части отнерестившихся особей.

Сезонные изменения химического состава криля очевидны. Однако их характер и амплитуда во многом зависят у взрослых особей от пола и половозрелости, а у неполовозрелых рачков — от размеров.

2.4.1. Методы отбора проб для определения химического состава криля

Как указывалось выше, качественные характеристики криля в уловах существенно влияют на его химический состав. Для выявления тенденций изменчивости криля-сырца необходим набор статистических данных по разным группировкам рачков, предполагающий детальную обработку собранного материала в лабораторных условиях на берегу. Кроме того, в экспедиционных условиях желательно иметь оперативные сведения о химическом составе используемого криля-сырца.

2.4.1.1. Отбор проб для последующего определения общего химического состава криля в стационарных условиях

Криль отбирают сразу после вылова, используя не помятых, хорошо сохранивших форму рачков, желательно живых. В средней пробе должно быть не менее 1,5–2 кг рачков. Оценка уловов должна по возможности полнее отражать состав криля, встречающегося в данном районе во время лова. Поэтому допускается отбор одной пробы из двух и даже трех тралов. При этом необходимо, чтобы уловы криля были получены в одном и том же районе и в течение одного дня. Для каждой пробы криля отмечают дату и район вылова.

Таблица 7
Размерный состав криля

Пол	Размеры, мм						
	27	33	39	45	51	57	60
<i>Неполовозрелый криль</i>							
Самцы и самки	+	+	+	-	-	-	-
Самцы	-	-	+	+	+	+	-
Самки	-	-	+	+	+	+	-
<i>Половозрелый криль</i>							
Самцы	-	-	+	+	+	+	-
Самки	-	-	+	+	+	+	-

Примечание. Использована шестимиллиметровая размерная шкала

Полная проба должна включать несколько групп рачков, подразделенных по размерам и физиологическому состоянию, соответственно с разделением на указанные выше стадии или в несколько более упрощенном виде (табл. 7).

Общее количество рачков в каждой группе должно быть не менее 10 г. Каждую группу рачков закатывают в банки соответствующего размера и стерилизуют. Следует, по возможности, сокращать время между отбором рачков в банки и взвешиванием с последующей их стерилизацией для предотвращения их подсыхания и, соответственно, изменения их нативных свойств. Стерилизованные пробы хранят при температуре около 0 °С до обработки в стационаре по стандартным методикам.

2.4.1.2. Отбор проб для определения общего химического состава на борту судна

Пробы отбирают аналогично описанному выше методу, за исключением закатки и стерилизации. При этом следует учитывать, что в основе предлагаемых методик определения химического состава криля положен весовой метод, а в судовых условиях точность определения массы значительно ниже, чем в стационарных. Поэтому необходимо увеличивать число рачков в каждой группе в соответствии с минимальной навеской, которая позволит сохранить необходимую точность химического анализа. Например, принимая допустимой относительную ошибку в 7 %, а точность определения массы на равноплечных весах (модель ВР-100) на борту судна — ±0,02 г, находим, что минимальная масса взвешивания в процессе анализа должна быть не менее $0,02 \text{ г} \times 100 \% : 7 \% = 0,286 \text{ г} (0,3 \text{ г})$.

Для определения золы (содержание золы в криле около 3 % к сырой массе) необходима навеска не менее $0,3 \text{ г} \times 100 \% : 3 \% = 10 \text{ г}$. Для определения липидов (среднее содержание липидов в криле около 5 % сырой массы) необходима навеска не менее $0,3 \text{ г} \times 100 \% : 5 \% = 6 \text{ г}$ и т.д.

2.4.1.3. Определение средней пробы и интервалов взятия проб

В ряде случаев для определения усредненной характеристики общего химического состава криля в улове готовят среднюю пробу, которую отбирают из разных участков тралового мешка общей массой около 2–3 кг. Отобранных рачков тщательно перемешивают и делят на две равные части, одну из которых анализируют на борту судна, другую закатывают в банки, стерилизуют и доставляют в лабораторию для определения биохимических показателей в стационарных условиях.

Интервалы взятия проб криля по любой из рекомендуемых схем зависят от целей исследования. Так, при изучении сезонной изменчивости химического состава, связанной с развитием репродуктивной системы, следует проводить анализ через 10–15 дней, т.е. через тот минимальный срок, который позволит не упустить химические изменения в криле, связанные с сезонной циклическостью физиологических процессов. При изучении изменчивости химического состава, связанной с линькой рачков, интервалы взятия проб необходимо уменьшить по тем же причинам до 1–2 дней.

При изучении химического состава криля в зависимости от районов вылова в идеальном случае пробы берут одновременно в различных исследуемых районах, что позволяет избежать влияния фактора времени. Такая операция выполнима при участии в работе двух-трех судов. Если же пробы криля собирают в разных районах одним судном, следует по возможности сократить интервал между взятием проб в исследуемых районах так, чтобы он не превышал 5–7 дней.

2.4.1.4. Экспресс-метод определения химического состава криля по данным биологического анализа

В результате изучения химического состава криля с использованием указанных выше подхода и методов отбора проб установлены определенные закономерности изменения исследованных показателей в зависимости от особенностей физиологического состояния особей, размеров, районов, сезона вылова и других факторов. При этом в ряде случаев отмечалась довольно высокая связь исследованных параметров. Так, коэффициент корреляции между содержанием липидов в криле и размерами неполовозрелых рачков составил 0,65, а данная зависимость может быть описана уравнением типа $y = A + bx$, где $A = -0,515$, $b = -0,185$.

Этот и другие факторы делают возможным обратное использование выявленных закономерностей, т.е. определение химического состава выловленного криля по данным биологического анализа конкретного улова.

Данные, положенные в основу экспресс-метода непрямого определения химического состава криля, вылавливаемого в районе острова Южная Георгия в период с февраля по май, представлены в табл. 8.

Таблица 8
Сезонные изменения химического состава различных групп криля, выловленного в районе острова Южная Георгия, % к сырой массе

Объект исследований	Размеры, мм	Влага	Липиды	Белок	Зола	Панцирь
<i>Февраль</i>						
Половозрелые						
самцы	—	80,8	1,6	15,5	2,9	2,0
самки	—	77,3	5,0	15,6	2,5	1,6
Неполовозрелые	33,0–42,0	75,9	6,3	15,4	2,5	2,0
самцы	42,5–48,0	75,3	7,4	15,0	2,5	1,9
самки	48,5–57,0	74,2	9,7	14,0	2,2	1,7
<i>Март</i>						
Половозрелые						
самцы	—	78,4	4,2	14,2	2,5	2,1
самки	—	76,6	7,1	13,6	2,2	1,9
Неполовозрелые	33,0–42,0	75,7	7,1	14,5	2,5	2,0
самцы	42,5–48,0	74,2	8,7	14,4	2,6	1,9
самки	48,5–57,0	74,1	9,4	14,5	2,7	2,0
<i>Апрель</i>						
Созревающие	33,0–42,0	76,9	6,6	14,1	2,5	1,9
самцы	42,5–48,0	75,6	7,7	14,4	2,7	2,2
самки	48,5–57,0	75,5	8,9	14,0	2,3	1,7
<i>Май</i>						
Созревающие	33,0–42,0	75,9	7,5	15,5	2,1	1,6
самцы	42,5–48,0	75,3	8,2	15,0	2,2	1,7
самки	48,5–57,0	75,3	8,2	15,1	2,1	1,7

Для определения химического состава выловленного криля экспресс-методом необходимо взять среднюю пробу рачков и провести биологический анализ, установив количественно (в экземплярах, а затем в процентах) наличие половозрелых самцов, половозрелых самок и трех размерных групп неполовозрелых рачков (33,0–42,0; 42,5–48,0; 48,5–57,0 мм). Далее, используя данные таблицы, вычисляют химический состав (отдельно по каждому компоненту) по формуле:

$$x = (A_1 B_1 + A_2 B_2 + \dots) : 100 \%,$$

где x — содержание компонентов, %; A_1 — содержание того же компонента у размерной группы 33,0—42,0 (по данным таблицы), %; B_1 — содержание размерной группы 33,0—42,0 в средней пробе улова (по данным биологического анализа трала), %; A_2 — содержание того же компонента в размерной группе 42,5—48,0 (по данным таблицы), %; B_2 — содержание размерной группы 42,5—48,0 в средней пробе улова (по данным биологического анализа трала), %.

В качестве примера рассмотрим гипотетический улов. Предположим, что результаты биологического анализа средней пробы первого улова в феврале были следующими: 100 экз. — половозрелые самцы; 50 — половозрелые самки; 10 — неполовозрелые рачки размером 33—42 мм; 20 — неполовозрелые рачки размером 42,5—48,0 мм и 20 экз. — неполовозрелые рачки размером 48,5—57,0 мм (итого 200 экз.). Процентное соотношение перечисленных групп в указанном порядке будет соответственно 50; 25; 5; 10 и 10. Тогда содержание, например, липидов в средней пробе такого улова подсчитывают по формуле:

$$x = (1,6 \times 50 + 5,0 \times 25 + 6,3 \times 5 + 7,4 \times 10 + 9,7 \times 10) : 100 = 4,1 \%,$$

где 1,6; 5,0; 6,3; 7,4 и 9,7 — содержание липидов (в %) у половозрелых и неполовозрелых рачков (по данным таблицы). Точно так же подсчитывают содержание белка, влаги, золы и панциря.

Данная методика может быть использована для определения химического состава криля в уловах с февраля по май в районах острова Южная Георгия.

Изложенные приемы и методы исследования, позволяющие оценивать биологические и биохимические параметры сырья, должны обеспечить оперативный контроль за переработкой криля, получить важные данные для совершенствования его технологий.

Рекомендуемые способы биологической характеристики криля, систематический сбор подобного материала имеют и более общее значение. Промысловые суда, постоянно работающие в одном месте, фактически оказываются в условиях, когда возможно слежение за постепенными изменениями, происходящими в группировке криля одного района. Накапливающийся фактический материал имеет совершенно реальную ценность для биологических исследований.

Качество и достоверность анализов, проводящихся в полевых условиях, являются необходимой предпосылкой для объективности оценки качества сырья и весьма ценным, во многом незаменимым подспорьем исследованиям, ведущимся специализированными сырьевыми экспедициями в Антарктике.

2.4.2. Общий химический состав криля

Изложенные выше методические подходы к изучению общего химического состава криля обуславливают возможность постепен-

ного накопления и обобщения статистически достоверного материала, учитывающего сезонные биологические процессы, различные аспекты жизнедеятельности рачков, районы лова. Эта информация, весьма важная в практическом отношении, должна способствовать углублению понимания анализируемых явлений.

Исследования химического состава криля района острова Южная Георгия показали, что наибольшим изменениям в зависимости от размера и массы криля подвержено содержание в нем влаги и липидов (табл. 9).

Таблица 9

Химический состав криля различных размеров и массы, % к сырой массе

Средний размер криля, мм	Масса экземпляра криля, мм	Влага	Липиды	Белок	Минеральные вещества
29,3±5,2	0,18±0,02	78,1±0,8	3,4±0,8	14,2±0,3	2,3±0,1
38,8±2,0	0,36±0,02	76,4±0,7	5,1±1,3	14,5±0,2	2,3±0,2
44,8±1,9	0,54±0,03	75,3±0,7	6,9±1,2	14,4±0,7	2,4±0,2
51,7±2,8	0,91±0,05	74,1±0,5	7,5±1,0	15,6±1,0	2,4±0,2
54,8±5,9	1,96±0,08	80,0±0,5	3,9±1,0	12,9±0,5	2,5±0,1
52,4±3,9	1,22±0,21	81,5±1,7	1,6±0,8	13,6±0,5	2,6±0,1

В период роста криль, находясь в ювенильной I и II стадиях зрелости, интенсивно питается, растет, накапливая липиды. При дальнейшем увеличении размера и массы наступает снижение интенсивности накопления липидов, криль в этот период находится в III и IV стадиях зрелости, когда начинают интенсивно развиваться органы размножения и значительное количество липидов расходуется на их построение.

При достижении массы криля около 1 г и размера 50 мм, когда криль становится половозрелым, содержание липидов в нем резко снижается, что обусловлено процессом нереста, требующего значительных энергетических затрат.

Содержание влаги в криле в зависимости от его биологического состояния изменяется в значительных пределах (от 74,1 до 81,5 %), при этом с повышением содержания липидов содержание влаги в криле уменьшается.

В процессе роста криля наблюдается увеличение содержания в нем белка до 15,6 %; в посленерестовом периоде содержание белковых веществ понижается в среднем до 13 %. В то же время относительно стабильно в криле содержание минеральных веществ, которое не зависит от его размеров и массы и составляет 2,0–2,5 %.

Вместе с тем химический состав криля в значительной степени изменяется в зависимости от сезона и района промысла. Исследования изменений химического состава криля, проведенные ВНИРО, представлены в табл. 10.

Таблица 10

Химический состав криля различных районов промысла, % к сырой массе

Район и дата вылова криля	Влага	Липиды	Белок	Зола	Панцирь
Море Скотия, февраль	78,0-80,0	2,5-4,0	12,8-15,3	3,0-3,8	1,9
Южные Оркнейские острова, март—апрель	77,0-80,0	4,0-4,6	12,7-15,2	3,0-3,6	1,8
Пролив Брансфилда, май	76,0-77,0	4,2-6,0	14,8-15,7	2,0-4,0	1,7

Данные, представленные в табл. 10, свидетельствуют о том, что в криле, выловленном в феврале, содержание влаги в среднем составляет 79,0 %, липидов — 3,2 %. К маю содержание влаги уменьшается до 76,5 %, в то время как содержание липидов увеличивается до 5,1 %. Аналогичная динамика проявляется и в содержании белковых азотистых веществ.

Данные химического состава криля других районов промысла приведены в табл. 11.

Таблица 11

Химический состав криля различных районов промысла, % к сырой массе

Район промысла, дата вылова	Влага	Липиды	Белок	Зола
Моря Лазарева и Рисер-Ларсена, март—апрель	77,3-78,1	3,6-4,6	16,4-16,9	2,1-3,2
Ю.Шетлендские острова, апрель-май	78,9-79,7	2,0-2,5	16,0-16,2	3,3-4,0
о. Буве, апрель	76,3-78,3	3,7-4,2	15,8-16,1	2,2-2,6
о. Ю. Георгия, апрель—май	75,3-76,8	5,7-6,5	14,8-15,6	2,5-3,1
Ю.Оркнейские острова, апрель	75,2-76,5	5,6-6,4	15,1-15,8	2,8-3,4

Грам [65] приводит следующие результаты многих аналитических данных по химическому составу криля (в %): влаги — 80,0 (77,9-83,1), белка — 13,0 (11,9-15,4), липидов — 2,8 (1,3-5,1), золы - 3,1 (2,8-3,4).

Отмеченные многими авторами [1, 9, 19, 62] сезонные изменения химического состава криля, в частности резкое увеличение содержания липидов в вегетационный период, скорее отражает качественные изменения состава популяции рачка, и прежде всего гибель части отнерестившихся особей, что вызывает преобладание в уловах созревающих рачков высокой жирности.

Сезонные изменения химического состава криля очевидны, однако их характер и амплитуда во многом зависят у взрослых особей от пола и половозрелости, а у неполовозрелых рачков — от размеров.

Во второй половине марта содержание липидов у созревающего криля выше, чем у отнерестившихся особей. Соответственно овод-

ненность ткани крупных половозрелых рачков выше, чем у неполовозрелых. Содержание азотистых веществ, золы, хитина и панциря у этих групп было довольно сходно (табл. 12).

Таблица 12
Сезонные изменения химического состава различных групп криля,
% к сырой массе

Дата вылова	Влага	Липиды	Белок	Зола	Панцирь	Хитин
<i>Половозрелые</i>						
20.03.1979	76,8	6,0	13,5	2,0	2,0	1,1
	77,5	5,3	13,7	1,9	1,9	1,0
<i>Неполовозрелые</i>						
	74,8	8,2	14,0	2,0	1,7	1,0
<i>Созревающие</i>						
27.04.1979	73,7	8,5	14,3	2,3	1,8	1,1
	73,6	8,9	14,7	2,0	1,8	1,0
05.04.1979	74,2	8,3	14,7	1,9	1,7	0,9
	73,8	8,1	14,9	2,2	1,6	1,0

Кроме сезонной изменчивости химического состава криля следует учитывать в первую очередь различные условия нагула, обусловленные экологическими и температурными факторами в вегетационный период (табл. 13).

Таблица 13
Химический состав и содержание панциря у различных групп криля,
в % от сырой массы

Пол	Размеры, мм	Влага	Липиды	Белок	Зола	Панцирь
<i>Март</i>						
<i>Половозрелые</i>						
Самцы	-	79,9-76,8	2,4-6,0	14,0-13,5	2,9-3,0	2,2-2,0
Самки	-	75,6-77,5	8,8-5,3	13,5-13,7	2,5-2,9	1,7-1,9
<i>Неполовозрелые</i>						
Самцы	33-42	75,6-76,2	6,8-7,3	15,3-13,8	2,9-2,7	2,2-1,7
Самки	42,5-48	74,4-73,8	8,3-9,0	15,3-13,8	3,0-3,2	2,1-1,7
<i>Апрель</i>						
<i>Созревающие</i>						
	33-42	77,7-76,0	5,9-7,2	14,0-14,1	2,9-3,1	2,3-1,6
Самцы	42,6-48	76,5-74,6	6,8-8,6	13,8-15,0	3,1-3,2	2,6-1,8
Самки	48,5-57	75,7-75,2	9,1-8,6	13,1-14,8	2,4-2,1	1,7-1,7

Обобщенные данные по общему химическому составу криля представлены Быковым [10] в табл. 14.

Наибольшие колебания в соответствии с данными, представленными в табл. 14, наблюдаются в содержании липидов (от 1,2 до 11,7 %), которые в теле рачков распределены неравномерно.

Таблица 14
Общий химический состав криля, %

Наименование показателя	Содержание	Среднее значение
Влага	73,2-83,1	77,4
Липиды	1,2-11,7	5,2
Белок ($N_{\text{общ.}} \times 6,25$)	9,70-16,3	13,8
Азотистые вещества	1,55-2,61	2,21
Углеводы	0,3-0,9	0,5
Зола	2,3-4,0	3,0

2.4.3. Общий химический состав отдельных частей тела криля

Изучение химического состава отдельных частей криля свидетельствует о его существенных различиях. Содержание влаги, липидов, азотистых веществ как в целом криле, так и в отдельных его частях зависят от его биологического состояния.

Посленерестовый криль содержит практически во всех частях тела больше влаги и меньше азотистых веществ, чем донерестовый (табл. 15).

Содержание влаги и азотистых веществ в мясе криля всегда больше, чем в его внутренностях.

Панцирь отличается более низким содержанием влаги и содержит значительное количество азотистых веществ.

По данным Андреева [3], липиды в теле криля распределены неравномерно. Больше их количество сосредоточено в головогрудях, а именно во внутренностях и в панцире (табл. 16).

Кроме того, Андреевым [1] установлено, что при общем содержании липидов в целом криле, равном 5,0 %, содержание их в панцире шейки может достигать 5,6 %, а в панцире головогрудей — 7,4 %.

Существующие различия в размерном, массовом и химическом составе криля в уловах обуславливают необходимость установления показателя, учитывающего эти различия и приемлемого для характеристики улова при его переработке.

На основании обобщения материала по химическому составу и свойствам криля-сырца предложено подразделять его на три размерные группы (табл. 17).

К 1-й группе относится мелкий криль длиной 39 мм и менее, находящийся в основном в ювенильной и 1-й стадиях зрелости. Криль этой группы характеризуется высоким содержанием влаги и низким содержанием липидов. Массовая доля мяса составляет в среднем 25 %.

Средний криль второй группы имеет длину 40–47 мм. Это созревающие, активно питающиеся особи. При этом содержание мяса в

Химический состав отдельных частей тела криля, %

Наименование показателей	Исследуемый объект	Крыль целиком	Головогрудь	Шейка с панцирем	Мясо шейки	Панцирь шейки	Внутренности	Панцирь головогруди
Влага	Крыль донерестовый	76,6±0,5	76,0±0,4	76,8±0,3	77,8±0,6	75,2±0,4	77,0±0,5	74,9±0,2
	Самки полнерестовые	80,5±0,8	80,0±0,3	80,2±0,5	83,0±0,2	74,0±0,3	76,8±0,3	73,5±0,2
	Самцы посленерестовые	82,8±1,0	82,0±0,3	80,3±0,4	82,8±0,4	78,3±0,5	82,3±0,1	75,5±0,3
Липиды	Крыль донерестовый	6,7±0,7	8,3±0,9	4,6±0,2	4,1±0,5	6,2±0,4	8,4±0,3	8,0±0,8
	Самки посленерестовые	4,4±0,5	4,3±0,4	2,8±0,2	2,2±0,6	3,1±0,2	4,3±0,7	4,0±0,9
	Самцы посленерестовые	3,2±0,6	5,0±0,3	3,0±0,1	1,9±0,5	3,6±0,4	3,4±0,4	2,5±1,0
Белок (N _{общ} × 6,25)	Крыль донерестовый	16,4±0,5	12,1±0,6	16,0±0,2	16,3±0,6	15,1±0,2	12,4±0,4	14,2±0,1
	Самки посленерестовые	14,1±0,4	11,8±0,5	14,2±0,4	18,9±0,4	14,2±0,1	11,8±0,5	13,3±0,4
	Самцы посленерестовые	13,2±0,5	11,5±0,4	14,1±0,3	13,9±0,3	13,9±0,3	11,4±0,2	13,8±0,2

Таблица 16
Содержание липидов в различных частях тела криля

№ п/п	Содержание липидов в целом криле, %	Содержание липидов в мясе криля, % от общего их количества	Содержание липидов в головогруди, % от общего их количества
1	3,7±0,2	30,8±5,9	68,9±5,9
2	5,4±0,8	42,5±7,0	61,2±7,7
3	6,2±0,2	44,4±1,6	62,5±10,5
4	7,3±0,2	43,1±1,3	57,0±1,9

Таблица 17
Характеристика размерных групп криля

Размерная группа	Стадия зрелости	Содержание, %:		Массовая доля мяса, %
		влаг	липидов	
Мелкий (39 мм и менее)	Ювенильная и I стадия	До 80,0	1,5–3,0	25,0
Средний (40–47 мм)	II и III стадии	75,0–77,0	3,0–5,0	28,0
Крупный (более 48 мм)	III, IV и V стадии	73,0–75,0	5,0–8,0	35,0

шейке увеличивается до 28 %. Содержание влаги уменьшается до 75–77 %, а липидов увеличивается до 3–5 %.

Группу крупного криля составляют женские особи, находящиеся в нерестовом и посленерестовом состоянии. Самцы четко отличаются от самок более развитой шейкой. Масса шеек самок достигает 30 %, самцов — 60 % от массы целого криля. Увеличивается содержание липидов до 5–8 %, и несколько уменьшается содержание влаги.

2.5. БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРИЛЯ

2.5.1. Азотистые вещества

Сведения о количественном и качественном составе азотистых веществ в криле довольно противоречивы.

По данным Кардашева и Бобровской [6], изучавших криль на борту НПС "Академик Книпович" в сезон 1971/72 г., в целом криле содержится 41,2–43,7 % миофибриллярных белков; 26,6–32,7 % саркоплазматических белков от общего содержания азотистых веществ; небелковые азотистые вещества составляют в среднем около 20% (от 18,9 до 24%).

По мнению большинства авторов, азотистые вещества криля состоят из белковых (до 80 %) и небелковых азотистых веществ, в основном из полипептидов. Однако Янаса [75] указывает, что азот белков составляет только около 60 % от общего содержания азотистых веществ, при этом 12 % от общего азота приходится на азот аминокислот, а 0,5 % составляет азот летучих оснований. Подобные различия в содержании азотистых веществ, вероятно, связаны со степенью свежести криля.

Данные Сузуки [98], представленные в табл 18 указывают на соотношение белкового и небелкового азота в мясе криля.

Шибата [97] провел исследование белков криля непосредственно в районе промысла сразу после его нылова и пришел к следующему заключению.

В свежем целом криле сразу после его смерти количество белка, растворенного в 0,45 М (М — молярный раствор) фосфатном буферном растворе КС1 (рН 7,3; J = 0,05), составляет 9,8 %, в том числе 6,1 % саркоплазматических и 3,7 % миофибриллярных. При этом в мясе шейки из свежего криля, составляющем 26,7 % от мас-

Таблица 18
Соотношение белкового и небелкового азота в мясе криля, % к общему азоту

Образцы	Содержание общего азота, %	Небелковый азот	Белковый азот
1	3,8	18,2	81,8
2	2,8	13,0	87,0
3	3,9	20,2	79,8
Среднее	3,5	17,1	82,9

сы тела, общее количество растворимых белков составляет 14,4 %, в том числе 5 % саркоплазматических и 9,4 % миофибриллярных. При этом в мясе шейки белок, растворимый в 0,45 М буферном растворе КС1, составляет 41 % от общего количества растворимых белков целого криля (табл. 19).

Таблица 19
Фракционный состав белков в целом криле и его мясе, %

Часть тела	Содержание влаги, %	Саркоплазматические	Миофибриллярные
Целый криль	81,6	6,1 ± 0,4	3,7 ± 0,4
Мясо шейки	81,7	5,0 ± 0,4	9,4 ± 0,8

Шибата [97] установил, что почти все миофибриллярные белки целого криля могут быть экстрагированы раствором NaCl с ионной силой 0,2, однако в случае мороженого криля необходимо повышать ионную силу раствора выше 0,2 для более полной экстракции миофибриллярных белков.

В табл. 20 представлены сравнительные данные содержания белка и pH различных частей тела свежего криля.

Таблица 20
Содержание белка и pH в различных частях тела криля сразу после его вылова

Часть тела криля	Масса частей, % от целого криля	Содержание белка (г/100 г криля)		pH сразу вылова
		общего	водорастворимого	
Мясо шейки	26,7	4,1	1,6	7,1
Гепатопанкреас	7,8	0,8	0,8	6,7
Желудок	8,0	0,3	0,3	7,2
Подпанцирная пленка	10,8	0,7	0,7	7,5
Карапакс	40,7	4,0	2,8	8,5
с остальными тканями				
Потери при разделке	6,0	-	-	-
<i>Всего</i>	100	9,9	-	-

Все формы азота, в том числе белковый, небелковый, летучих оснований, азот аминокислот, являются объективными показателями степени свежести криля, глубины автолитических процессов и в итоге качества продукта. Азотистые вещества криля на 80 % представлены полноценными белками. По литературным данным, белок криля содержит весь набор аминокислот, сходен с белками домашних животных и куриного яйца, что соответствует эталону белка, предложенному ФАО.

Аминокислотный состав белков криля достаточно активно изучался рядом авторов [16, 67]. При этом выявлено, что криль характеризуется относительно высоким содержанием (40–45 %) незаменимых аминокислот (табл. 21).

Аминокислотный состав белков криля, %

Таблица 21

Аминокислоты	Данные	
	Фергюсона и Реймонта [67]	Егоровой и др. [16]
<i>Незаменимые</i>		
Валин	5,3-5,8	4,5-5,9
Изолейцин	5,2-6,2	4,5-5,3
Лейцин	7,5-8,1	6,7-8,0
Лизин	9,0-10,7	6,1-12,6
Метионин	2,0-3,0	2,0-2,7
Треонин	4,2-5,1	3,3-4,5
Триптофан	1,4	0,7-1,1
Фенилаланин	4,6-5,2	3,8-6,1
<i>Заменяемые</i>		
Аланин	5,7-7,0	5,0-7,4
Аргинин	6,6-7,7	3,6-7,7
Аспарагиновая кислота	9,4-11,4	8,7-12,0
Гистидин	2,5-2,8	1,3-1,8
Глицин	4,2-4,8	4, 7-6,5
Глютаминовая кислота	11,3-13,4	10,8-13,6
Пролин	2,6-3,6	1,9-6,1
Серин	4,6-5,4	2,2-3,6
Тирозин	4,3-5,3	2,9-3,9
Цистин	0,1-1,1	-
Цистеин	0,4-2,4	-
Таурин	0,2-0,8	-
(Орнитин	0,4-0,8	-

Сопоставление аминокислотного состава белков криля и некоторых креветок, головоногих моллюсков показывает, что содержание лизина, метионина, треонина, триптофана, гистидина, глицина, аланина и пролина в антарктическом криле и у других беспозвоночных сходно.

По данным ВНИРО, сравнительное содержание незаменимых аминокислот на 100 г белка в различных продуктах представлено в табл. 22.

Данные табл. 22 свидетельствуют о том, что по содержанию лизина, фенилаланина, изолейцина и валина криль превосходит все указанные продукты.

По данным Сузуки [98], аминокислотный состав белков криля представлен в табл. 23.

**Сравнительное содержание незаменимых аминокислот
в различных продуктах (г/на 100 г белка)**

Таблица 22

Незаменимые аминокислоты	Продукты						
	Криль	Треска	Яйцо	Молоко	Говядина	Куры	Сыр
Аргинин	7,1	6,8	6,4	3,6	5,6	6,7	-
Гистидин	3,0	2,9	2,6	2,6	4,1	2,0	-
Изолейцин	7,4	4,6	5,8	6,1	4,2	5,0	6,0
Лейцин	9,6	9,0	9,0	9,7	7,8	7,6	9,2
Лизин	12,8	10,3	6,7	7,6	8,4	7,5	-
Метионин	3,8	2,8	3,0	2,3	2,3	2,6	2,8
Фенил аланин	9,7	4,8	5,3	5,0	4,5	3,7	5,0
Треонин	4,7	5,2	5,3	4,5	4,2	4,0	4,9
Триптофан	1,4	1,3	1,8	1,4	1,1	0,8	1,7
Валин	9,4	5,5	7,2	6,9	6,7	5,1	7,2
<i>Итого</i>	68,9	53,2	53,1	49,7	48,9	45,0	36,9
% к белку криля	100,0	77,2	77,1	72,1	71,0	65,3	53,5

Аминокислотный состав белков криля (г/на 100 г белка)

Таблица 23

Аминокислоты	Целый криль	Мышечная ткань
Аланин	5,46	5,83
Глицин	4,67	4,58
Валин	5,90	5,38
Лейцин	7,77	8,47
Изолейцин	5,10	5,50
Пролин	4,21	3,36
Фенил аланин	6,47	6,35
Тирозин	4,06	4,29
Триптофан	1,50	1,60
Серии	4,95	4,90
Треонин	4,70	4,65
Цистин	1,45	1,14
Метионин	3,03	3,53
Аргинин	6,22	6,83
Гистидин	2,30	2,16
Лизин	8,58	9,50
Аспарагиновая кислота	12,2	12,00
Глютаминовая кислота	14,60	15,00

2.5.2. Липиды криля

Состав липидов объектов морского промысла во многом определяет их пищевую ценность вследствие присутствия различных классов липидов и биологически активных кислот; соотношение отдельных жирных кислот обуславливает ненасыщенность липидов и их стойкость к окислительным изменениям. В связи с этим сведения о составе липидов антарктического криля весьма важны для его характеристики в качестве сырья для получения продуктов различного назначения.

Наибольшая изменчивость химических компонентов, входящих в состав криля, характерна для липидов, содержание которых довольно четко изменяется в зависимости от размера криля, его возраста, пола, сезона года, района обитания.

Для криля высоких широт, особенно в конце лета и осенью, характерно повышение содержания липидов, тогда как для криля низших широт более специфично в этот период пониженное содержание липидов.

Согласно Андрееву [3], липиды распределены в теле криля неравномерно: большее количество их сосредоточено в головогрудь, преимущественно, во внутренностях и в панцире (табл. 24).

Таблица 24

Распределение липидов в криле различных размеров

Размеры	Содержание липидов, %				
	в целом криле	в шейках		в головогрудь	
		от сырой навески	от общего количества	от сырой навески	от общего количества
1	3,7±0,2	2,2±0,1	30,8±5,9	5,2±0,4	68,9±5,9
2	5,4±0,8	4,1±0,4	42,5±7,0	7,5±0,4	61,2±7,7
3	6,2±0,2	4,8±0,2	44,4±1,6	8,1±0,1	62,5±10,5
4	7,3±0,2	5,5±0,1	43,1±1,3	9,9±0,2	57,0±1,9

Распределение липидов в криле зависит от его размеров. Так, головогрудь мелкого криля (менее 35 мм) содержит 70,3 % от всех липидов, в то время как в крупном криле липиды распределены более равномерно.

Установлено, что при общем содержании липидов в целом криле, равном 5,0 %, количество липидов, содержащихся в панцире шейки, составляет 24,5 %, в панцире головогрудь — 35,4 % от общего содержания липидов. Это объясняется, вероятно, тем, что панцирь криля, а точнее хромопротеидная пленка, выстилающая поверхность панциря, наряду с печенью является аккумулятором значительного количества липидов.

Липиды антарктического криля имеют прежде всего видовую специфичность, они содержат много ненасыщенных жирных

Таблица 25
Фракционный состав липидов
антарктического криля

Состав липидов	Содержание, %
Фосфолипиды	16,1-29,2
Моноглицериды	1,2-3,0
Диглицериды	1,0-3,2
Стерины	6,2-8,6
Триглицериды	32,2-51,6
Свободные жирные кислоты	11,4-16,1
Эфиры стерин	6,0-10,1
Общие липиды	2,5-5,2

кислот, фосфолипидов и стерин (табл. 25). Высокую ненасыщенность липидов криля следует рассматривать как адаптацию к обитанию в антарктических широтах: полиеновые кислоты снижают температуру замерзания протоплазмы клеток, обеспечивая ей тем самым высокую метаболическую активность в области температур, близких к 0 °С, при которых встречается данный вид.

В этой связи липиды криля подвержены более интенсивному окислению, чем липиды других видов гидробионтов.

Содержание комплекса фосфолипидов, главным образом лецитина (фосфотидилхолина и кефалина), в липидах криля может достигать 58 % от общей суммы. В составе фракций эфиров стерина обнаружено 4,1 % каротиноидов. Известно, что зоопланктон Южного океана не содержит восков, не найдено этих веществ и в липидах антарктического криля.

Высокое йодное число липидов криля (130—190) дополнительно свидетельствует о большом содержании полиеновых жирных кислот, сумма которых может достигать 61 % (табл. 26).

Таблица 26
Жирно-кислотный состав липидов криля (% от общей суммы)

КИСЛОТЫ							
Насыщенные				Ненасыщенные			
C12:0	0,3	C14:1	0,3	C18:2	2,5	C22:4	0,3
C14:0	16,6	C15:1	0,1	C18:3	1,3	C22:5	0,2
C15:0	0,6	C16:1	9,0	C18:4	2,8	C22:6	8,0
C16:0	20,4	C17:1	0,5	C20:3	0,6		
C18:0	1,1	C18:1	20,0	C20:4	0,8		
C22:0	0,1	C20:1	0,8	C20:5	13,7		

В наибольшем количестве в липидах криля представлены кислоты: миристиновая (C14:0), пальметин-олеиновая (C 16:1), пальметиновая (C16:0), олеиновая (C18:1), эйкозапентаеновая (C20:5), докозогексаеновая (C22:6).

Сумма эссенциальных жирных кислот (линолевая, линоленовая, арахидоновая) в липидах антарктического криля составляет около 5%.

Состав липидов объектов морского промысла во многом определяет их пищевую ценность, а в жирных кислотах, составляющих

важный структурный элемент многих классов липидов, присутствуют биологически активные, в том числе и уникальные высоконасыщенные кислоты. Наличие таких кислот обуславливает высокую насыщенность липидов гидробионтов, в результате чего их количество определяет степень устойчивости липидов к окислительным изменениям и соответственно к окислительной порче.

Эти свойства жирных кислот гидробионтов позволяют прогнозировать относительную устойчивость получаемых из них продуктов к окислению по сравнению с традиционными объектами. В этих целях Ф.М. Ржавская с соавторами [45] обстоятельно исследовала состав липидов антарктического криля *Euphasia superba* различных районов промысла: острова Южная Георгия с большим диапазоном содержания общих липидов (от 1,3 до 9,9 % с интервалами в 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 0,7; 1,0; 1,6 и 2,4 %); Южных Оркнейских островов и прилегающих к ним северо-западных и северо-восточных районов с диапазоном уровня общих липидов от 2,9 до 4,6 %; Южных Шетлендских островов с 2,9 % общих липидов и Индийского сектора Антарктики с диапазоном колебания содержания липидов в криле от 1,4 до 6,2 %.

Основные результаты исследований Ф.М. Ржавской с соавторами суммированы в табл. 27—30, где показано соотношение отдельных классов липидов антарктического криля, состав основных жирных кислот липидов криля различных районов Антарктики.

Установлено, что основными классами липидов криля являются фосфолипиды и триглицериды (13—33 % и 32—60 % соответственно) при сравнительно высоком уровне стерина (до 13 %) и их эфиров (до 12 %). Выявлены различия в составе жирных кислот, степени насыщенности, пищевой ценности и возможной устойчивости к окислительным изменениям липидов во время хранения криля в мороженом виде и полученных из него продуктов в зависимости от исходного содержания липидов в криле и районов его обитания.

Для криля, обитающего у острова Южная Георгия и Индийского сектора Антарктики (см. табл. 27), обнаружена четкая тенденция уменьшения содержания фосфолипидов и повышения количества триглицеридов с увеличением содержания общих липидов. В первом случае с изменением уровня липидов в криле с 1,3 до 9,9 % содержание фосфолипидов снижается с 30 до 13,4 % при одновременном повышении количества триглицеридов с 32—37 % до 60 %; во втором случае — при увеличении уровня общих липидов с 1,4 до 6,8 % содержание фосфолипидов снижается с 33 до 20 % при одновременном увеличении количества триглицеридов с 32 до 53 %.

Минимальное содержание стерина (около 4 % каждого) обнаружено в липидах криля Южных Шетлендских островов (см. табл. 27), наибольшее (около 11—13 %) — в липидах криля Южных Оркнейских островов. Повышенному количеству эфиров стерина в липидах криля иногда соответствует пониженный уровень стерина.

Содержание отдельных классов липидов антарктического криля, %

Районы промысла	Общие липиды	Фосфолипиды	Триглицериды	Моноглицериды	Диглицериды	Стерины	Эфиры стеринов	Свободные жирные кислоты
о. Южная	1,3-3,7	29,2-31,3	32,2-37,0	2,2-2,6	2,1-2,8	7,2-8,8	6,0-8,0	14,0-16,1
Геоργия	4,2-5,2	20,0-22,0	49,7-51,6	3,0-3,2	2,6-3,2	5,6-8,4	7,2-10,0	11,4-13,6
	7,3-8,3	21,3-20,2	50,1-53,3	2,2-3,2	2,5-2,8	5,6-8,2	6,0-8,2	3,5-7,0
	9,9	13,4	59,8	2,0	0,9	6,8	14,2	2,6
	3,4*	31,0	36,3	8,6	3,4	5,6	6,8	13,2
	6,3*	12,8	54,2	2,4	4,0	5,6	7,4	7,8
Южные	2,9**	19,0	54,9	3,1	1,3	4,7	5,0	12,0
Оркнейские острова	3,1	19,1	56,8	2,8	1,5	3,2	3,6	13,0
	3,5	19,0	50,8	2,5	1,5	13,2	5,7	8,0
	4,0***	16,5	47,5	4,2	1,1	13,0	5,7	12,0
	4,6	19,5	42,0	2,9	1,1	11,3	7,3	16,9
Южные Шетлендские острова	2,9	18,8	54,4	3,0	1,4	4,1	4,2	14,0
Индийский сектор	1,4	33,2	31,8	—	—	9,1	12,2	13,7
Антарктики	2,9	26,2	44,1	1,2	1,4	7,8	11,3	8,0
	6,8	20,0	53,0	2,2	1,6	6,2	9,8	7,2

* Криль питающийся.

** Криль после нереста.

*** Криль до нереста.

Таблица 28

Состав (%) основных жирных кислот липидов крыла, обитающего у о. Южная Георгия

Кислоты (код)	Содержание липидов, %										
	1,3	2,0	3,6-3,9	4,2-4,9	7,3	8,3	9,9	3,4**	6,3**		
14:0	10,0	13,3-13,8	8,4-20,4	15,1-20,4	19,6	21,0	23,0	14,2	17,4		
16:0	21,5	21,0-23,6	20,3-26,1	20,5-21,8	21,8	23,1	24,5	24,6	24,9		
16:1 ω7,5	11,0	11,1-13,6	14,3-27,6	12,9-17,0	16,8	17,0	18,1	14,0	15,6		
18:0	1,0	1,1-1,4	0,5-1,0	1,5-1,8	1,6	1,7	2,5	1,5	1,5		
18:1 ω9,7,5	11,0	10,9-16,8	9,4-10,8	7,4-12,8	8,5	9,6	9,3	10,8	10,8		
18:2 ω6	2,5	1,7-3,2	0,9-1,8	2,0-3,0	1,6	1,2	1,8	1,7	1,8		
18:3 ω3	0,5	0,2-0,7	0,3-1,5	0,4-1,3	0,5	1,0	0,3	0,3	0,4		
18:4 ω3	0,5	0,2-0,7	0,3-1,5	0,4-1,3	0,5	1,0	0,3	0,3	0,4		
20:1 ω9,7,5	1,0	0,6-1,2	0,7-2,9	0,9-4,5	2,7	2,4	2,2	0,6	1,5		
20:4 ω6	0,7	0,7-0,9	0,2-0,9	1,0-1,5	1,2	1,0	0,6	0,5	0,4		
20:4 ω3	1,9	0,4-0,6	0,9-1,1	0,5-3,3	1,6	1,0	0,9	0,7	1,8		
20:5 ω3	16,4	12,2-17,2	6,5-10,9	8,9-10,8	11,3	8,2	4,5	15,9	12,0		
22:1 ω11,9,7,5	0,3	0,4-0,9	0,4-1,4	0,7-1,7	1,2	1,6	0,8	0,8	1,4		
22:5 ω3	0,2	0,3-0,5	0,4-0,6	0,2-0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3		
22:6 ω3	14,1	8,0-11,7	6,4-8,4	5,1-7,0	5,2	4,0	2,8	7,2	2,1		
Насыщенные	35,2	38,7-39,7	34,3-49,7	40,8-45,5	44,3	47,8	51,5	42,8	46,3		
Мононенасыщенные	26,2	29,2-29,3	28,4-41,9	20,2-32,4	31,2	32,7	32,7	27,5	31,1		
Полиненасыщенные	38,6	31,6-32,1	21,0-24,0	26,8-28,8	24,5	19,5	15,8	29,7	22,6		
В том числе:											
Биологически активные	33,7	27,8-31,0	15,2-20,2	20,3-20,4	19,8	15,4	10,0	25,6	16,7		
20:5 + 22:5 + 22:6	30,2	25,5-29,5	12,9-17,8	15,4-16,0	16,5	12,2	7,3	23,1	14,3		

** Крыль питающийся

Таблица 29

**Состав (%) основных жирных кислот криля
Южных Оркнейских и Южных Шетлендских островов**

Кислоты (код)	Содержание липидов, %					
	2,9*	3,1	3,5	4,0**	4,6	2,9
	Южные Оркнейские острова					Южные Шетлендские острова
14:0	7,0	10,2	7,0	8,0	9,5	11,0
16:0	18,3	20,1	20,0	21,7	21,2	21,1
16:1 ω7,5	5,1	6,3	5,2	5,7	6,6	6,7
18:0	1,1	1,0	0,8	0,9	0,8	1,1
18:1 ω9,7,5	19,5	17,7	18,4	19,4	21,2	18,4
18:2 ω6	2,3	2,0	2,0	2,4	2,6	0,8
18:3 ω6	1,3	0,1	1,9	1,2	1,9	0,1
18:4 ω3	6,0	4,2	6,2	4,0	4,9	3,6
20:1 ω9,7,5	0,2	1,0	0,7	0,3	0,9	0,8
20:4 ω3	0,3	0,6	0,1	0,4	0,1	0,3
20:5 ω3	18,3	18,0	17,1	17,7	17,9	18,8
22:1 ω11,9,7,5	1,1	1,3	0,5	0,2	0,4	0,9
22:5 ω3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4
22:6 ω3	15,2	10,9	15,2	13,4	12,1	9,4
Насыщенные	27,0	32,0	28,3	31,3	31,5	32,6
Мононенасыщенные	26,2	27,5	26,5	26,9	26,1	32,7
Полиненасыщенные	45,8	39,5	45,0	41,0	42,3	33,2
В том числе:						
биологически активные	37,3	31,3	36,7	35,0	34,8	29,5
20:5+22:5+22:6	33,7	29,2	32,6	31,4	30,3	28,6

* Криль после нереста.

** Криль до нереста.

В липидах криля Южных Шетлендских, Южных Оркнейских островов и Индийского сектора Антарктики (см. табл. 29, 30) доминирующими компонентами жирных кислот, кроме миристиновой (14:0), пальмитиновой (16:0), пальмитолеиновой (16:1), олеиновой (18:1), эйкозапентаеновой (20:5) и докозагексаеновой (22:6), обнаруженных в липидах криля острова Южная Георгия (см. табл. 27, 28), является также и октатетраеновая кислота (18:4). В липидах криля присутствует относительно много кислот с пятью и шестью двойными связями: в липидах криля острова Южная Георгия они, как правило, составляют около 12–30 % общей массы кислот, в исследованных липидах криля, обитающего в остальных, более южных районах Антарктики, — около 30–34 %.

С повышением уровня липидов в криле острова Южная Георгия, изученного при их изменении в широких пределах (от 1,3 до 9,9 %), ненасыщенность липидов и их пищевая ценность снижаются, но в

Таблица 30

**Состав (%) липидов криля,
обитающего в районе Индийского сектора Антарктики**

Кислоты (код)	Содержание общих липидов, %		
	1,4	2,9	6,8
	Северная часть моря Содружества	Северная часть моря Космонавтов	Центральная часть моря Содружества
14:0	12,8	9,8	12,9
16:0	21,3	19,1	21,5
16:1 ω7,5	8,9	6,4	9,6
16:2 ω4	1,1	1,5	1,0
18:0	1,2	0,9	1,3
18:1 ω9,7,5	18,7	19,2	18,3
18:2 ω6	1,8	3,5	2,0
18:3 ω3	0,6	0,8	0,7
18:4 ω3	0,8	1,5	0,8
20:1 ω9,7,5	0,6	0,7	0,6
20:4 ω3	0,8	0,8	0,7
20:5 ω3	18,2	18,3	17,2
22:1 ω11,9,7,5	1,7	0,7	1,4
22:5 ω3	0,3	0,1	0,3
22:6 ω3	8,9	14,7	8,9
Насыщенные	36,3	30,4	37,0
Мононенасыщенные	31,1	28,4	31,4
Полиненасыщенные	32,6	41,2	31,6
Биологически активные	29,8	37,4	29,1
20:5+22:5+22:6	27,4	33,1	26,4

меньшей степени, чем их содержание. Следовательно, можно полагать, что при повышении уровня липидов в криле его устойчивость к окислительной порче должна снижаться. Ненасыщенность липидов криля Южных Оркнейских островов с изменением их содержания в более узких пределах (примерно от 3 до 4,5 %), как и липидов криля острова Южная Георгия с аналогичным уровнем липидов, очень мало изменяется.

Наиболее ненасыщенными липидами, обладающими наибольшей пищевой ценностью, но меньшей устойчивостью к окислительным изменениям в процессе хранения, характеризуется криль, обитающий у Южных Оркнейских островов и северной части моря Содружества Индийского сектора Антарктики. Относительно минимальную ненасыщенность липидов и пищевую ценность при наибольшей стойкости к окислительным изменениям имеют липиды криля, обитающего у острова Южная Георгия, при их содержании, превышающем 2 %.

Отмечены разноречивые мнения различных авторов относительно содержания фосфолипидов в липидах криля. Араи [58] указывает, что их количество составляет 29,9 %, а Боттино [62] — 54–58 %.

Данные Сузуки [98] свидетельствуют о том, что содержание неомыляемых в липидах криля составляет от 4,7 до 13,1 %, из которых около половины приходится на холестерол (табл. 31). Общее содержание холестерола на 100 г тканей целого криля составляет 62,1–71,6 мг.

Таблица 31

Содержание неомыляемых и холестерола в криле

Образцы	Йодное число жира, г/100 г жира	Содержание неомыляемых в жире, %	Общее содержание холестерола	
			мг/г жира	мг/100 г ткани криля
А*	135	4,68	19,1	71,6
А	166	8,56	42,6	63,1
В**	160	8,57	48,0	71,0
В	187	13,1	76,3	62,3
В	132	4,80	21,3	66,7
В	140	4,48	17,0	62,1

А* свежемороженный криль.

В** варено-мороженный криль.

Известно, что ракообразные, в том числе криль, характеризуются более высоким содержанием холестерина, чем рыбы (в 2–4 раза выше). Однако это не приводит к аккумуляции холестерина в организме при его потреблении, так как известно что ракообразные имеют высокий уровень ненасыщенных жирных кислот, предотвращающих накопление холестерина в крови.

Грам [65], по материалам советских и зарубежных авторов, приводит обобщенные данные по липидам криля: около 70 % общих липидов криля составляют ненасыщенные жирные кислоты, а йодное число жира составляет от 110 до 190 г J₂ на 100 г жира; содержание в крилевом жире олеиновой, гадолеиновой кислот (С20:5), пальмитиновой и миристиновой кислот является высоким; содержание эссенциальных жирных кислот, таких, как линоленовая, линолевая и арахидоновая, составляют 5 % от общего содержания липидов. Ианас [75], сравнивая состав жирных кислот липидов криля с липидами лосося, тунца, скумбрии, китового уса, креветки, пришел к заключению, что липиды криля напоминают липиды китового уса, а их жирнокислотный состав — липиды рыб.

2.5.3. Витамины криля

Криль является значительным источником витаминов групп А, В, Д и Е. Наибольший интерес представляет витамин А и его предшественники. Большая часть витаминов группы А представлена астаксантином, содержавшимся главным образом в панцире (8 мг%) и глазах (до 170 мг%) и придающим крилю оранжево-красную ок-

раску. Содержание В-каротина в криле составляет от 10 до 30 мг на 100 г сырой массы (в среднем 20). Содержание витамина В₁₂ в криле значительно выше, чем у других ракообразных.

Грам [65] обобщил данные, полученные разными авторами, по содержанию витаминов в криле, включая и результаты исследования ученых ВНИРО, которые приведены в табл. 32.

Таблица 32
Содержание витаминов в криле (в мг на 100 г сырой массы)

Наименование	Пределы колебаний	Среднее значение
	Группа А	
Витамин А	50–700	281
β-каротин	10–30	20
Астаксантин	600–9700	3954
	Группа В	
В ₁ — тиамин	12–37	25
В ₂ — рибофлавин	100–520	216
В ₆ — пиридоксин	100–110	105
В ₁₂ — цианкобаламин	16–18	17
Пантотеновая кислота	—	1500
Ниацин	—	7000
Биотин	—	10
Фолиевая кислота	66–70	68
	Группа Д	
Провитамин Д	—	3
	Группа Е	
Токоферол	144–781	513

Средние данные по содержанию витаминов и провитаминов в целом мороженом криле приводит Сузуки [98] (табл. 33).

Согласно Ватанабе [100], в 1 г липидов криля содержится 161–437 международных единиц витамина А, т.е. на 100 г жира криля приходится 4,83–13,11 мг витамина А (1 международная единица составляет 0,3 мг витамина А). По данным Ватанабе [100], содержание витамина Е — 164–781 мкг на 100 г сырой ткани криля.

Таблица 33
Содержание витаминов и провитаминов в целом мороженом криле

Наименование	Количество
Витамин А	380 МЕ/100 г
Астаксантин	3,12 мг/100 г
В ₂ -рибофлавин	1,58 мг/100 г
Са-патотенат	15 γ/г
Ниацин	70 γ/г
Биотин	10 γ/100 г
Витамин В ₁₂	10 γ/100 г
Фолиевая кислота	60 γ/100 г

2.5.4. Каротиноиды криля

Установлено, что среди каротиноидов в криле преобладает астаксантин. При этом большая часть астаксантина присутствует в виде сложных эфиров жирных кислот. В целом мороженом криле обнаружено от 15 до 77 мг каротиноидов на 1 кг, в крилевой муке от 15 до 280 мг/кг. Особенно богат каротиноидами крилевой жир (727-1080 мг/кг). О.Т. Касаикина, Т.В. Лобанова [21] в экспедиционных условиях исследовали каротиноиды и природные антиоксиданты липидов антарктического криля. Определено содержание каротиноидов и антиоксидантов, проведена количественная оценка их ингибирующей активности. Показано, что каротиноиды криля могут найти применение в качестве витаминизирующих добавок и пищевых красителей, а нетоксичные антиоксиданты необходимы для стабилизации красителей, витаминов, антибиотиков и других лекарственных препаратов.

Результаты исследования содержания липидов и каротиноидов в самцах и самках, а также молоди криля свидетельствуют о том, что содержание липидов в самцах примерно вдвое меньше, чем в самках и неполовозрелом криле. Общее содержание каротиноидов, напротив, в самцах выше, по сравнению с самками и молодью. Следует отметить, что концентрация каротиноидов в липидах криля, в исследованной акватории относительно стабильна для каждой группы и составляет $0,33 \pm 0,04$ % для самцов, $0,15 \pm 0,03$ % для самок. Концентрация каротиноидов в липидах молоди и неполовозрелых самцов еще меньше, чем в липидах самок (0,1 %).

Результаты исследований, проведенных О.Т. Касаикиной, Т.В. Лобановой [21] по выявлению влияния пола и возраста криля на содержание каротиноидов, приведены в табл. 34.

Из приведенных данных следует, что содержание липидов в самцах примерно вдвое меньше, чем в самках и неполовозрелом криле. Общее содержание каротиноидов, напротив, в самцах выше по сравнению с самками и молодью. Следует отметить, что концентрация каротиноидов в липидах криля в исследованной акватории относительно стабильна для каждой группы и составляет $0,33 \pm 0,04$ % для самцов, $0,15 \pm 0,03$ % для самок. Концентрация каротиноидов в липидах молоди и неполовозрелых самцов еще меньше, чем в липидах самок (0,1 %).

Исследования содержания липидов и каротиноидов в различные моменты времени после вылова (табл. 35) показало, что эти характеристики химического состава практически не изменяются в течение нескольких часов, несмотря на то, что за это время существенно изменяются органолептические показатели криля.

По мнению Касаикиной, астаксантин, определяемый в хлороформных экстрактах липидов, является простетической группой каротинопротеинов исходного криля, как и у других ракообразных. Эти комплексы разрушаются в результате обработки криля

Таблица 34

Содержание липидов и каротиноидов в криле различного пола и возраста

Номер образца	Пол, возраст	Липиды, %	Каротиноиды, мг/г	Каротиноиды в липидах, %
1.	Самцы	—	—	0,360
	Самки	—	—	0,170
	Молодь	—	—	0,154
2.	Самцы	—	—	0,300
	Самки	—	—	0,200
3.	Самцы, мм			
	44—47	—	—	0,330
	50—55	—	—	0,470
4.	Самки икрюные	—	—	0,182
5.	Самцы, мм			
	48—52	2,40	111,0	0,460
	Самки	5,20	99,0	0,190
6.	Самки	6,25	88,0	0,140
7.	Самцы	3,70	100,0	0,270
	Самки	6,30	75,0	0,120
	Самцы неполовозрелые	6,30	67,0	0,106
8.	Самцы	3,50	104,7	0,300
	Самки икрюные	6,90	77,5	0,112
	Самцы неполовозрелые	7,20	71,0	0,098
9.	Самки	3,03	40,5	0,133

Таблица 35

Содержание липидов и каротиноидов в криле в различные моменты времени после вылова (самки длиной 48 мм)

Время хранения криля после вылова, ч	Липиды, %	Каротиноиды, мг/г	Концентрация каротиноидов в липидах, %
0,5	6,25	149,0	0,24
2,0	6,65	149,0	0,225
3,5	6,5	149,0	0,23
5,0	6,2	141,0	0,24
6,5	5,8	141,0	0,24
8,5	6,2	148,0	0,24

смесью метанола с хлороформом, освобождая пигмент. Стабилизационный эффект каротиноидов в комплексе с протеинами можно объяснить результатами достаточной устойчивости каротиноидов в криле в процессе его хранения.

Антиокислительные свойства липидов криля проявляются в том, что небольшие добавки липидов уменьшают скорость окисления

органических соединений. Липиды криля эффективно тормозят окисление β -каротина по сравнению с другими липидами ракообразных. Можно предположить, что в липидах криля содержатся активные компоненты — природные антиоксиданты, характеризующиеся высокой ингибирующей активностью, которые подавляют цепной процесс окисления β -каротина и расходуются в период его торможения.

2.5.5. Минеральные вещества

Большую ценность представляет криль в качестве источника минеральных элементов, в том числе важнейших биогенных элементов, которые входят в состав ферментов, витаминов, гормонов. К этим элементам относятся кальций, калий, фосфор, магний, железо, кремний, йод, медь, цинк, марганец, молибден, кобальт, фтор, алюминий, хром и другие.

Концентрация многих элементов в криле во много раз превышает содержание их в овощах, картофеле, злаковых растениях, не уступает, а по отдельным элементам и превосходит мясо теплокровных животных. Согласно Грам [65], в криле определено свыше 30 макро- и микроэлементов. Концентрация тяжелых металлов, а также радионуклидов в рачке не превышает допустимых уровней, что отличает их от других гидробионтов, обитающих в районах повышенного антропогенного воздействия.

Таблица 36
Содержание некоторых минеральных элементов в криле, мг/кг сырой массы

Наименование	Пределы колебаний	Среднее
Fe	5,0-40,0	16,0
Mn	0,4-2,2	1,3
Zn	7,0-28,0	18,0
Cr	4,0-42,0	24,0
Ni	0,7-5,0	2,0
Co	0,3-2,0	0,9
Sr	6,4-49,1	28,0
Pb	0,4-2,6	1,5
Cd	0,4-2,9	1,3

Данные Быкова, Сторожука, Макарова и др. [10, 30] по содержанию некоторых минеральных элементов в криле представлены в табл. 36.

В свою очередь в табл. 37 приведены усредненные данные по содержанию минеральных элементов, полученные Бенайор [60], Ватанабе [100] и др.

Содержание минеральных веществ в криле в значительной мере колеблется, что связано с размерами рачка, полом, степенью развития репродуктивной системы, сезоном и районом вылова.

Дифференцированный анализ данных с учетом указанных выше факторов позволили Макарову, Сторожуку, Быкову [30] установить ряд особенностей в микроэлементарном составе криля различных групп (табл. 38).

Содержание минеральных элементов в криле

Таблица 37

Наименование элемента	Содержание, мг % сырой массы	Наименование элемента	Содержание, мг % сырой массы
Al	5,5	K	253
As	0,06	Li	4,5
Ca	124	Mg	430
Cd	0,01-0,08	Na	313
Cl	900	P	680
Cr	0,36	Pb	0,9
Cu	2,6	Si	3,0
Fe	4,1	Ti	0,4
Hg	0,06	-	-

Содержание минеральных элементов в различных образцах криля (мг/кг сырой массы)

Таблица 31

Наименование элементов	Половозрелые		Неполовозрелые особи
	самцы	самки	
Fe	8,10±0,50	10,2±0,70	9,1±0,90
Mn	0,60±0,03	1,40±0,10	0,6±0,05
Zn	17,50±1,40	22,50±1,90	21,2±1,50
Si	22,90±2,3	15,50±1,80	25,4±3,70
Ni	2,30±0,30	1,40±0,10	3,7±0,3
Co	0,84±0,06	0,64±0,06	0,6±0,10
Sr	27,8±1,50	20,90±2,0	24,5±1,50
Pb	1,20±0,10	1,00±0,10	0,9±0,20
Cd	1,80±0,20	1,00±0,10	2,4±0,20

Данные по содержанию минеральных элементов в криле слабо и активно питающегося представлены в табл. 39.

Данные, представленные в табл. 38 и 39, свидетельствуют о том, что повышенная концентрация железа, цинка и марганца, играющих весьма важную роль в генеративном обмене, отмечается у самок криля. Особенно это характерно для яичников на заключительных этапах оогенеза, когда в гонадах происходит аккумуляция названных микроэлементов из внешней среды и в результате межорганного распределения.

Концентрация таких элементов, как медь, никель, кобальт, стронций и кадмий, отмечена выше у половозрелых самцов.

Сравнительные данные содержания минеральных элементов в криле в зависимости от активности питания (мг/кг сырой массы)

элементы	Слабо питающийся криль	Активно питающийся криль
Fe	10,1±1,2	29,5±1,3
Mn	1,3±0,1	0,5±0,1
Zn	15,8±0,5	10,0±1,4
Cu	20,9±1,5	13,4±2,6
Ni	2,6±0,1	1,2±0,3
Co	1,6±0,2	0,4±0,06
Sr	44,3±2,6	22,2±2,5
Pb	1,6±0,2	0,7±0,1
Cd	0,6±0,05	0,6±0,7

Данные по содержанию минеральных веществ у неполовозрелых и половозрелых особей свидетельствуют о том, что концентрация большинства элементов различна у молодых и у взрослых рачков. Привлекает внимание высокое содержание у неполовозрелого криля железа, цинка, никеля и особенно меди.

Интересным оказались результаты микроэлементного анализа слабо и активно питающегося криля (см. табл. 39). Содержание практически всех исследованных металлов у активно питающегося криля было ниже, чем у слабо питающегося. Исключение составили только кадмий и железо.

Если наблюдаемые различия являлись следствием накормленности рачков, значит, концентрация исследуемых металлов, кроме кадмия и железа, в фитопланктоне, которым питается криль, значительно ниже, чем в теле самих рачков. Это подтверждается и литературными данными: содержание меди в фитопланктоне в 5–6 раз, марганца — в 5 раз ниже, чем в криле. Содержание железа в фитопланктоне и в криле оказалось одного порядка. Отсюда снижение концентрации металлов на единицу массы у активно питающегося криля может происходить из-за увеличения массы рачков, поглощающих пищу с невысоким содержанием микроэлементов.

Одним из важных экологических факторов, определяющих минеральный состав криля, является внешняя среда, прямо влияющая на накопление металлов в его организме.

Специфика химического состава водных масс различных регионов Южного океана, таких, как моря Беллинсгаузена и Скотия, может служить основной причиной различий в микроэлементном составе криля двух бассейнов (табл. 40).

Как следует из приведенных данных, рачки, выловленные в Тихоокеанском секторе Антарктики, отличаются повышенным содержанием кадмия, цинка, меди и никеля.

Таблица 40

**Содержание минеральных веществ в различных районах лова
(мк/кг сырой массы)**

Наименование элементов	Район лова	
	Море Скотия	Море Беллингаузена
Fe	14,3±1,8	8,5±1,1
Mn	0,9±0,1	1,0±0,1
Zn	13,9±1,4	19,1 ± 1,5
Cu	15,8±2,4	18,5±2,1
Ni	1,5±0,2	1,9±0,2
Co	0,7±0,1	0,7±0,1
Sr	29,5±1,9	23,9±1,6
Pb	1,0±0,1	1,1±0,1
Cd	0,4±0,04	1,3±0,1

Содержание железа и стронция в криле из моря Скотия выше, чем в рачках из моря Беллингаузена, а концентрация марганца, кобальта и свинца у тех и у других рачков оказалась одинаковой.

Содержание тяжелых металлов в криле также значительно варьирует в зависимости от периода его вылова, активности питания, половых, возрастных и морфофизиологических показателей.

Литературные данные и данные исследований, проведенных ВНИРО, свидетельствуют о значительном варьировании концентраций тяжелых металлов в криле, что обусловлено не только физиологическими особенностями рачков и районами их обитания, но и различными методическими подходами к их определению.

Так, например, содержание ртути в криле колеблется от 0,008 до 0,08 мг/кг, свинца — 0,12—1,3 мг/кг, кадмия — 0,09—0,46 мг/кг. Приведенные данные указывают на безопасность данного вида сырья для здоровья человека.

Содержание тяжелых металлов в криле разных районов обитания представлено в табл. 41 [77].

Таблица 41

**Содержание тяжелых металлов в криле
Антарктического и Тихоокеанского секторов, мг/кг сырой массы**

Сектор обитания криля	Общая ртуть	Метал, ртуть	Sr	Cd	Zn	Pb	As
Антарктический	0,01	0,005	0,15	0,01	4,5	0,10	0,5
Тихоокеанский	0,02	0,010	0,20	0,01	7,2	0,05	1,0

Таким образом, более высокое содержание ртути, цинка обнаружено в криле, выловленном в Тихоокеанском секторе Антарктики.

2.5.6. Углеводы

Сведения о содержании углеводов в криле, за исключением хитина, в литературе крайне ограничены. Исследования моносахаров и аминсахаров в мясе криля и продуктах его переработки были проведены Т.М. Сафроновой с соавторами [48].

2.5.6.1. Моносахара и аминсахара

Согласно Сафроновой [48], углеводная фракция криля отличается от всех ранее изученных беспозвоночных малым спектром моносахаров. Если у креветки обнаружено 8 моносахаров, то у криля — лишь 3 альдозы. Кроме того, если для изученных промысловых беспозвоночных основная доля моносахаров приходится на гексозы, а незначительная часть — на пентозы, то у криля наблюдается обратная картина: рамноза составляет 44–66 %, неидентифицированная пентоза — 23–45 %, а гексоза определяется в виде следов.

Содержание отдельных моносахаров в мясе криля представлено в табл. 42, 43.

Таблица 42

Содержание моносахаров в мясе криля

Наименование моносахаридов	Соотношение моносахаров, % к общему содержанию пентоз и гексоз
Глюкоза	33,0
Рамноза	44,0
Неидентифицированная пентоза	23,0

Таблица 43

Содержание моносахаров в мясе абдомена криля

Объект исследования	Сумма моносахаров, % к влажному материалу	в том числе		
		Глюкоза	Рамноза	Пентоза
Мясо абдомена	0,33	0,094	0,160	0,076

Содержание аминсахаров (гексозаминов) было определено только в мясе абдомена, тщательно выделенном препаративным способом. В целом криле определить содержание аминсахаров не представляется возможным, вследствие присутствия в нем хитина, являющегося ацетилглюкозаминном, и его наличие влияет на определяемое содержание гексозаминов. В этой связи для объектов, содержащих хитин, необходимо проводить специальные исследования с выделением хитина.

Различные характер и прочность связи гексозаминов в соединениях приводит к необходимости применять индивидуальные условия гидролиза тканей. Так как в период гидролиза параллельно с

накоплением гексозаминов происходит и их разрушение благодаря высокой реакционной способности, то режимы гидролиза должны обеспечить максимальное высвобождение гексозаминов при минимальных потерях этих веществ.

Динамика гидролиза ткани мяса криля при воздействии на нее различных концентраций соляной кислоты и продолжительности гидролиза представлена в табл. 44.

Таблица 44

**Содержание гексозаминов в мясе непитающегося криля
(мг % на сухое вещество)**

Концентрация 6N соляной кислоты, %	Продолжительность гидролиза, ч				
	2	4	6	8	10
2	233,0	174,0	444,0	453,0	373,0
4	489,0	450,0	445,0	460,0	517,0
6	541,0	600,0	649,0	672,0	608,0

Из таблицы видно, что для достижения наибольших концентраций гексозаминов необходимо проводить гидролиз 6N HCl в количестве 6 % в течение 8 ч.

Содержание аминокислот в мясе абдомена свежего непитающегося криля содержится в пределах 150 мг % на сырое вещество или около 700 мг% на сухое вещество, что гораздо выше, чем в мясе рыб и ракообразных. Учитывая высокую реакционную способность гексозаминов при нагревании, следует ожидать интенсивное развитие реакции меланоидинообразования в мясе криля и, следовательно, его покоричневение.

2.5.6.2. Хитин

По данным разных авторов, в криле содержится в среднем 1 % хитина. Быков, Сторожук [10] исследовали изменения химического состава целого криля, включая содержание панциря и хитина, в зависимости от его физиологического состояния (табл. 45).

Представленные в табл. 45 данные свидетельствуют о том, что в криле содержание депротенированного панциря составляет от 1,6 до 2,0 %, хитина 0,9—1,1 %, при этом содержание панциря определено методом щелочного гидролиза образцов криля 20 %-ным водным раствором NaOH при 145 °C в течение 24 ч. По окончании гидролиза раствор фильтруют через бумажный фильтр. Остаток на фильтре (панцирь) тщательно промывают горячей дистиллированной водой и высушивают до постоянной массы при 105 °C.

Согласно Сузуки [98], панцирь криля состоит из 1,5 % хитина, однако кутикула образована смесью хитина со склеропротеином, минеральными веществами и липидами.

Таблица 45

Сезонные изменения химического состава и содержания панциря
различных групп криля (в % к сырой массе)

Район, ю.ш.-з.д.	Дата вылова	Влага	Липиды	Азотистые вещества	Зола	Депротеиниро- ванный панцирь	Хитин
<i>Половозрелые</i>							
54°13'-35°46'	март 1979 г	76,8	6,0	2,16	2,0	2,0	1,1
		77,5	5,3	2,19	1,9	1,9	1,0
		74,8	8,2	2,24	2,0	1,8	1,0
<i>Неполовозрелые</i>							
<i>Созревающие</i>							
54°09'-35°34'	апрель 1979 г	73,7	8,5	2,29	2,3	1,8	1,1
		73,6	8,9	2,35	2,0	1,8	1,0
54°48'-34°59'	июнь 1979 г	74,2	8,3	2,35	1,9	1,7	0,9
		73,8	8,1	2,38	2,2	1,6	1,0

Подробные данные по хитину представлены в разделе 7 "Хитин и его производные".

2.5.7. Ферменты

В последние годы все большее число исследователей обращает внимание на сырье морского происхождения как на перспективный источник выделения ферментов.

Сравнительная протеолитическую активность ряда морских организмов, ученые обнаружили, что самой высокой активностью обладают ракообразные, в частности, антарктический криль [6, 23].

Секи Н. с соавторами [93] выделили из криля протеиназы типа трипсина, оптимум действия которых лежит в зоне рН 8,0.

Изучение протеолитической активности экстрактов криля на различных субстратах показало, что наибольшая активность протеиназ обнаружена в цефалофорах (желудке и панкреасе), где сконцентрированы основные ферменты внутренностей.

Мышечная структура цефалофоров очень слаба, поэтому в процессе хранения или обработки криля повреждаются его внутренние органы. Ферменты из внутренних органов проникают в окружающие ткани и, активно воздействуя на мышечные белки, способствуют их быстрому разрушению. Этим объясняется быстрый автолиз абдомена криля, не отделенного от цефалофоров.

Результаты исследований Н.Д. Бобровской, А.В. Кардашева и Г.А. Вайтман [6] выявили высокую активность протеолитических ферментов криля, действующих в различных зонах рН. Наибольшая удельная активность наблюдается у протеиназ в пределах рН от 5,0 до 12,0 (рис. 13) и наименьшая — в кислой зоне рН.

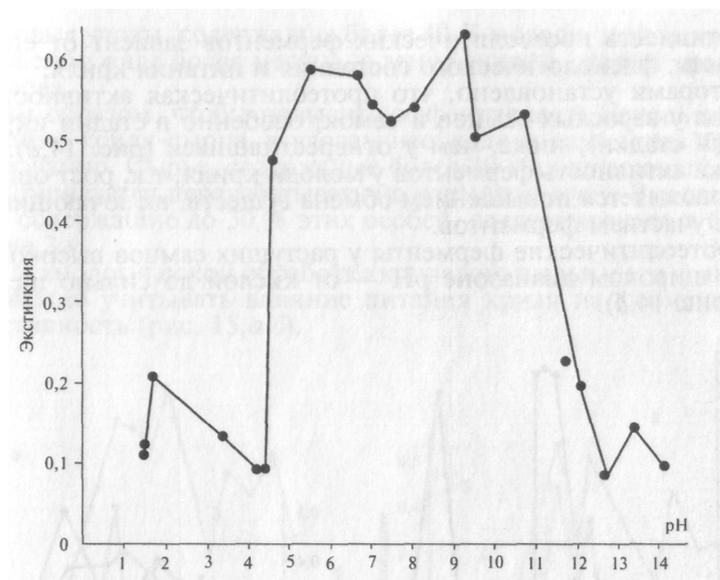


Рис. 13. Распределение протеолитической активности ферментативного комплекса свежельвленного криля в зависимости от рН среды

Результаты исследований М.С. Биденко, Т.А. Расуловой, А.Б. Одинцова [5] по определению протеолитической активности в целом свежельвленном криле и его мышечной ткани при температуре 37 °С в зависимости от рН (табл. 46) подтверждают приведенные выше данные об увеличении активности протеолитических ферментов в щелочной зоне.

Таблица 46

Динамика протеолитической активности свежельвленного криля в зависимости от рН среды

Наименование сырья	Время протеолиза	Активность, мкг/г ч		
		рН 3,7	рН 7,1	рН 8,0
Криль неразделанный	5 ч	72,0	216,0	208,0
	1 сут	49,0	106,0	97,0
Мышечная ткань	5 ч	36,0	52,0	58,0
	1 сут	28,0	37,0	37,0

При рН 7,1 и 8,0 активность ферментов у неразделанного криля в 4 раза выше, чем в мышечной ткани. При рН 3,7 активность протеолитических ферментов заметно снижается, особенно у целого криля.

Активность протеолитических ферментов зависит от его пола, возраста, физиологического состояния и питания криля.

Авторами установлено, что протеолитическая активность ферментов у взрослых самцов и самок, особенно в стадии икротетания (V стадия), ниже, чем у отнерестившихся (рис. 14,а). Очень высока активность ферментов у молоди криля, т.к. рост организма сопровождается повышением обмена веществ, включающим реакции с участием ферментов.

Протеолитические ферменты у растущих самцов высоко активны в широком диапазоне рН — от кислой до сильно щелочной (см. рис. 14,б).

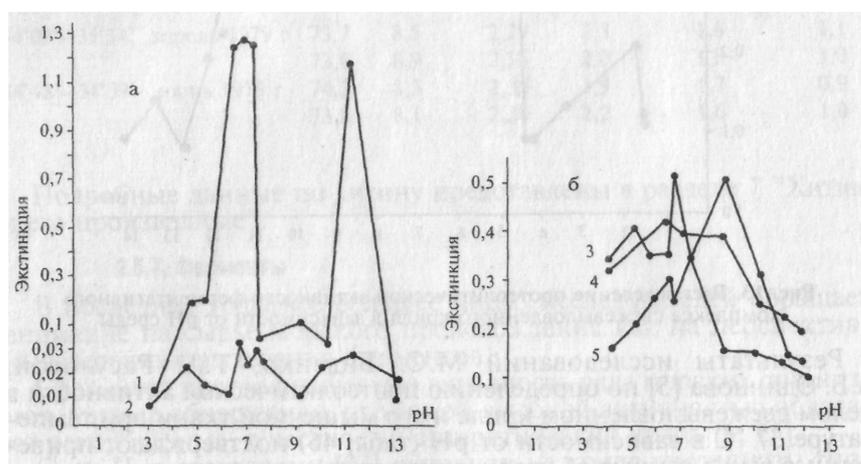


Рис. 14. Влияние физиологического состояния самок криля (а) и возраста (б) на протеолитическую активность ферментативного комплекса криля: / — отнерестившиеся самки; 2 — самки на V стадии зрелости; 3 — растущие самцы; 4 — молодь; 5 — взрослые самцы

Особый интерес представляют ферменты, активные в щелочной среде (рН от 8,5 до 11,35), которые почти отсутствуют у взрослых самцов. Наличие высокой активности в этой области рН отмечалось у молоди и отнерестившихся самок, что может быть связано с интенсивным ростом организма, а у отнерестившихся самок — с его восстановлением. Но в этом и другом случае наличие щелочной фракции, вероятно, говорит об усилении метаболизма в организме.

Суммарная активность протеолитических ферментов криля-сырца резко меняется в зависимости от соотношения возрастных групп криля в тралах.

Траловые уловы, содержащие более 40 % молоди, нельзя хранить в мороженом виде более месяца, а замораживать следует сразу после вылова.

Таким образом, чтобы повысить эффективность использования и хранения криля-сырца, к уловам необходимо подходить дифференцированно. Сырье, содержащее более 40 % созревающей молоди, рекомендуется перерабатывать на кормовую муку. Вместе с тем уловы, содержащие до 30 % этих особей, следует хранить в бункере менее 3 ч.

При технологической обработке крилевого сырья и его хранении очень важно учитывать влияние питания криля на ферментативную активность (рис. 15,а,б).

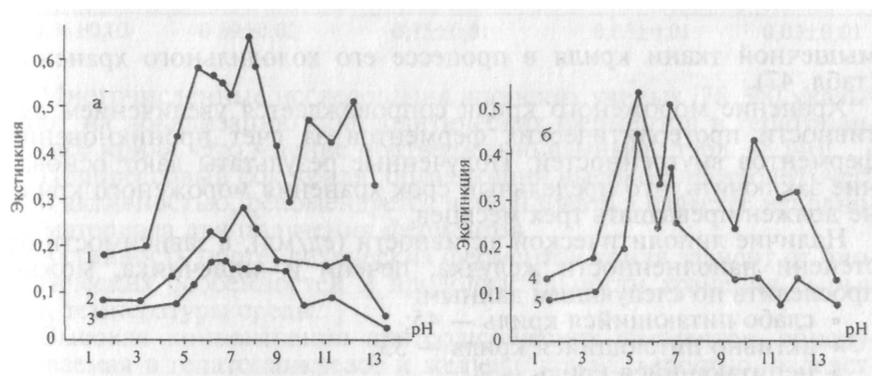


Рис. 15. Влияние питания (а) и степени наполненности печени, желудка и кишечника (б) на протеолитическую активность криля: 1 и 2 — слабо- и активно питающийся криль; 3 — непитающийся криль; 4 — желудок и печень наполнены умеренно, кишечник сильно; 5 — желудок и печень наполнены сильно, кишечник слабо

Результаты исследований в этом направлении свидетельствуют о том, что у слабо питающегося криля протеолитическая активность выше, чем у активно питающегося (см. рис. 15,а). Прежде всего пища вызывает отделение пищеварительных соков, которые создают определенный pH среды, после чего активизируются ферменты, проявляется их протеолитическая активность.

Видимо, криль сначала активно поглощает пищу, процеживает ее через желудок, затем наполняется печень, однако собственно пищеварение проходит медленно, а отсюда и низкая активность ферментов. Таким образом, о протеолитической активности криля следует судить, видимо, по наполненности его желудка, печени и кишечника.

Весьма интересные данные получены А.С. Биденко с соавторами [5] по изменению активности протеолитических ферментов в

Таблица 47

Изменение протеолитической активности криля в зависимости от сроков холодильного хранения (рН 7,1, T=37 °С)

Наименование сырья	Время протеолиза	Активность, мкг/г ч	
		Целый криль	Мышечная ткань
Криль-сырец	5 ч	216,0	52,0
	1 сут	106,0	37,0
Криль мороженный, хранившийся 2 мес.	5 ч	345,0	164,0
	1 сут	104,0	118,0
Криль мороженный, хранившийся 5,5 мес.	5 ч	655,0	455,0
	1 сут	215,0	112,0

мышечной ткани криля в процессе его холодильного хранения (табл. 47).

Хранение мороженого криля сопровождается увеличением активности протеолитических ферментов за счет проникновения ферментов внутренностей. Полученные результаты дают основание заключить, что предельный срок хранения мороженого криля не должен превышать трех месяцев.

Наличие липолитической активности (ед/мл), в зависимости от степени наполненности желудка, печени и кишечника, можно проследить по следующим данным:

- слабо питающийся криль — 45;
- активно питающийся криль — 33;
- непитающийся криль — 7.

Липолитические ферменты криля имеют оптимум активности при 45 °С и инактивируются при 70 °С. В итоге проведенных исследований выявлена связь между активностью липолитических и протеолитических ферментов и степенью наполненности пищеварительного тракта.

Установлено, что в процессе хранения криля происходит разрушение нативной структуры мышечной ткани и соответственно ухудшение качества сырья. При этом показано, что эндогенные протеиназы криля принимают активное участие в процессе автолиза.

Л.М. Пауковой с соавторами [40] разработана технология ферментного концентрата и ферментного комплекса из криля, позволяющая получать продукцию идентичного состава с активностью протеиназ.

Активность протеолитических ферментов у взрослых особей зависит от района обитания и колеблется в пределах от 0,1 до 0,8 мкмоль тирозина/г мин. Наиболее активный ферментативный комплекс может быть получен из криля в возрасте до одного года, выловленного в марте — июне.

Для выявления области локализации протеиназ определена их активность в отдельных фракциях, получаемых при переработке криля — подпрессовом соке, подпрессованном криле и промывной воде после пресс-сепаратора.

Представленные в табл. 48 данные свидетельствуют о том, что самой высокой активностью протеиназ обладает подпрессовый сок, отделяемый при переработке свежего криля.

Таблица 48

**Протеолитическая активность в отдельных фракциях криля
(мкмоль тирозина/г мин)**

Криль-сырец	Подпрессовый сок	Подпрессованный криль	Промывная вода после прессования	Промытый фарш
0,36±0,03	0,69±0,02	0,15±0,01	0,05±0,01	0,03±0,01

Многочисленные исследования японских ученых [78, 98] указывают на локализацию протеолитических ферментов в гепатопанкреасе криля. Это мнение подтверждено данными табл. 48 [40].

Подпрессовый сок криля, обладающий высокой протеолитической активностью, рекомендуется использовать в качестве исходного материала для получения ферментов.

Активность протеолитических ферментов криля зависит от биологических особенностей и продолжительности хранения сырья, pH, температуры среды.

Высокая концентрация протеолитических ферментов, обнаруживаемая в гепатопанкреасе и желудке криля, вероятно, вследствие недостатка субстрата вызывает интенсивное расщепление самих ферментативно-активных белков этих органов. В результате этого протеолитическая активность ферментсодержащего сырья из криля снижается, в связи с чем для приготовления ферментного комплекса рекомендовано использовать подпрессовый сок, хранившийся не более 1 ч при температуре 10 °С.

В результате проведенных Пауковой исследований установлено, что протеиназы ферментного комплекса криля относятся к цистеиновым, сериновым и металлодержащим ферментам, которые активны в зоне pH 5,0—8,0, температуре 40—45 °С.

Изложенные выше данные свидетельствуют о том, что криль содержит широкий спектр протеолитических ферментов: трипсин, химотрипсин, карбоксипептидазы А и В, аминопептидазы, катепсин А, В, Н и Д и кислую протеиназу типа пепсина.

Наиболее эффективным источником получения ферментов является, как было указано выше, подпрессовый сок, образующийся при производстве сыромороженого фарша криля [3, 5].

Учитывая, что ферменты являются лабильными, легко инактивируемыми соединениями, существует определенная специфич-

ность методов их выделения и очистки. Единой схемы выделения и очистки ферментов не существует.

Все операции по выделению и очистке ферментов проводят в условиях, исключающих возможность их денатурации — низкая температура, строгое ограничение продолжительности операции, контроль за величиной рН, отсутствие примесей тяжелых металлов и других соединений. Замораживание криля, как было представлено в табл. 49, обуславливает снижение активности ферментов (табл. 49).

Таблица 49

Активность ферментного комплекса из свежего и мороженого криля

Удельная активность, ед / мг белка	Препарат из свежего криля	Препарат из мороженого криля
Трипсин	1,5	1,1
Щелочная рибонуклеаза	10,0	10,0
Аминопептидаза	1,02	0,01
Карбоксипептидаза А	0,1	0,97
Карбоксипептидаза В	0,2	0,15
Дезоксирибонуклеаза	0,2	0,2
Фосфодиэстераза	0,03	0,02

В судовых условиях Пауковой с соавторами [40] предложено для концентрирования ферментов рационально и безопасно применять метод солевого фракционирования сульфатом аммония. Из подпрессового сока отделяют балластные вещества при насыщении 0,3 сульфатом аммония (176 г/л). Образовавшийся осадок удаляют. Очищенный раствор повторно насыщают сульфатом аммония до 0,7 (273 г/л).

Для выделения очищенного ферментного комплекса непосредственно из ферментного раствора в береговых условиях предпочтительно применять изопропиловый спирт и осаждение проводить при температуре не выше 1–2 °С.

Пауковой с соавторами [40] установлено, что ферментный комплекс из криля возможно использовать в качестве гидролизующего агента при получении пищевых и технических продуктов в количестве 0,1 % к массе обрабатываемого сырья.

2.5.8. Прочие вещества в криле

Помимо липидов, ферментов, витаминов групп А, Д, В и Е в тканях криля содержатся в небольших количествах другие ценные биологически активные вещества: смесь эфиров полиеновых кислот, дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), простогландины, каротиноиды, что повышает интерес к данному объекту, как сырью для переработки.

Ажгихиным и Ганделем [18] разработан способ получения препарата ВНИРОЕН-1 на основе полиеновых кислот, выделенных из липидов криля. Препарат представляет собой смесь эфиров эйкозатетраеновой (2 %), эйкозопентаеновой (48 %) и докозогексаеновой (48,6 %) кислот и получают путем гидролиза и этерификации в токе инертных газов или переэтерификации глицеридов в среде серной кислоты и этанола. Очистку и разделение эфиров полиеновых кислот проводят методом низкотемпературной кристаллизации и вакуумной разгонки. Выход готового продукта составляет 10–12 %. Предклинические испытания препарата показали, что ВНИРОЕН-1 обладает выраженным гипохолестеринемическим, гиполипидемическим и эпителизирующим действием.

Кроме того, препараты на основе полиеновых кислот являются стимуляторами продуктивности животноводства, птицеводства и других отраслей сельского хозяйства.

Антарктический криль характеризуется сравнительно высоким для класса ракообразных содержанием нуклеиновых кислот. В свежельвловленном криле содержание ДНК составляет в среднем от 646 до 939 мкг/мг, по истечении двух часов хранения криля на пачубе при температуре 3 °С содержание ДНК уменьшается в 2 раза, что, вероятно, является результатом действия нуклеаз, освободившихся при автолизе криля.

Наибольшим содержанием ДНК отличается головогрудь, где расположены гонады. В головогрудь содержание ДНК в 2 раза выше, чем в абдомене.

В табл. 50 приведены данные по нуклеотидному составу суммарной ДНК антарктического криля в сравнении с другими гидробионтами.

Таблица 50
Нуклеотидный состав ДНК криля и других гидробионтов

Объект исследования	Азотистые основания, моль %			
	Аденин (А)	Гуанин (Г)	Цитозин (Ц)	Тимин (Т)
Криль	22,3	27,5	27,5	22,3
Осьминог	33,2	17,6	17,6	31,6
Морской ёж	31,2	19,1	19,2	30,5

В выделенном препарате ДНК из криля обнаружены четыре обычных основания: гуанин, аденин, цитозин и тимин.

В ДНК криля выявлены как фракции, обогащенные гуанин-цитозином (ГЦ), так и фракции, содержащие значительное количество аденин-тиамина (АТ). Таким образом, ДНК антарктического криля можно использовать как источник ДНК, резко различающийся по составу.

Полученные суммарные препараты ДНК принадлежат к гуанин-цитозинового (ГЦ) типу.

Отношение $(A+T)/(Г+Ц)$ (коэффициент специфичности) равно 0,81.

Простагландины представляют собой группу природных биологически активных веществ — ненасыщенных жирных кислот, структура которых включает циклопентановое кольцо. В зависимости от строения пятичленного цикла простагландины делят на группы А, В, Е, F и Д. Особенно высоко их содержание у некоторых обитателей океана, в частности ракообразных.

Липиды антарктического криля отличаются пониженной суммой полиненасыщенных кислот и повышенной — мононенасыщенных.

Из липидов криля с помощью простагландинсинтетазы получены простагландины группы Е и F, обладающие высокой активностью. Выход простагландинов из липидов криля достигает 6-8 %.

Простагландины группы Е обладают способностью снижать артериальное давление, так как положительно влияют на сердечный ритм.

В липидах антарктического криля, как отмечено выше, обнаружено значительное количество каротиноидов и природных антиоксидантов.

Методом тонкослойной хроматографии в липидных вытяжках криля определено не менее 9 пигментов, основным из которых является астаксантин.

Охрана Мирового океана от загрязнения стала одной из актуальнейших проблем современности, поскольку значительная часть всевозрастающих по количеству антропогенных отходов поступает в море и океаны. Загрязнение морской среды может неблагоприятно влиять на химический состав и пищевую ценность промысловых гидробионтов, создавать опасность для здоровья людей, употребляющих в пищу продукты морского происхождения, содержащие вредные токсиканты, радионуклиды.

В морской воде обнаруживаются ДДТ, полихлорированные бифенилы, ртуть, свинец, полициклические ароматические углеводороды, канцерогенные вещества и другие.

Имеются данные, что крупные поля загрязнения распространяются далеко от прибрежных районов и относительно устойчивы во времени и пространстве.

Промысловый лов криля осуществляется в Антарктике на большом расстоянии от промышленно развитых стран. Ракообразные, и в том числе криль, чувствительны к действию вредных веществ, загрязняющих воду.

Поскольку воды Антарктических морей принадлежат к наименее загрязненным в настоящее время акваториям Мирового океана, в связи с чем в тканях криля не могут селективно накапливаться в токсических концентрациях вредные химические вещества.

В табл. 51 представлены результаты исследования различных образцов криля на содержание хлорорганических углеводородов.

Таблица 51
Содержание хлорорганических углеводородов (в расчете на сухое вещество)

Объект исследования	РСВ, мг/кг	α-НСН, мг/кг	γ-НСН, мг/кг	НСВ, мг/кг	ДДЕ, мг/кг	ДДД, мг/кг	ДДТ, мг/кг	Сумма ДДТ
Сырой криль	0,026	0,2	1,0	1,3	0,7	0,5	0,4	1,6
Сырой фарш	0,022	0,1	1,3	1,3	1,0	0,9	0,5	2,3
Вареный фарш	0,01	—	—	—	—	—	—	—
Мясо криля	0,016	0,2	0,9	1,2	0,4	0,5	0,7	1,5

Примечание: РСВ — полихлорированный бифенил; α-НСН — гексахлорциклогексан; γ-НСН — гексахлорциклогексан; НСВ — гексахлорбензол; ДДЕ — 4,4-дихлордифенилдихлорэтилен; ДДД — 4,4-дихлордифенилдихлорметилметан; ДДТ — 4,4-дихлордифенилтрихлорэтан.

Антарктический криль и продукты, полученные из него, содержат незначительные количества РСВ и ДДТ, и согласно допустимым нормам они могут быть разрешены для пищевого использования.

3. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КРИЛЯ-СЫРЦА

3.1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ЛОВА КРИЛЯ

Работами ВНИРО установлено, что травмирование криля-сырца в результате лова, особенно выливка из орудий лова, оказывает существенное влияние на ускорение автолитических процессов и ухудшение его качества.

Отличительной особенностью поведения криля является малая подвижность его скоплений и отсутствие реагирования на неподвижное и перемещающееся сетное полотно. Криль не уходит от такого полотна, а свободно процеживается через него. По данным ВНИРО, наиболее эффективными на промысле криля оказались разноглубинные тралы.

Первыми опытными орудиями лова криля были испытаны 31-метровый и 17,5-метровый разноглубинные тралы, близнецовые и бортовые тралы с рыбонасосом и кошельковый невод.

АтлантНИРО, СЭКБ промысловства и ТИПРО пытались сконцентрировать криль с помощью подводного света различной цветности и электротона. Проведенные исследования показали, что, хотя криль и имеет положительную реакцию на искусственные раздражители, однако создать устойчивые и плотные скопления с их помощью не представлялось возможным.

Работы, проведенные на НПС "Академик Книпович" в 1971 г., свидетельствовали о том, что лучшим по уловистости и эксплуатационным показателям оказался трал 36/45,5 м. Его уловы составили 1,4—1,5 т криля за час. Вместе с тем за один час работы конусными сетями с рыбонасосом вылавливалось не более 1,2 т криля.

В итоге из всех испытанных тралов наиболее перспективным оказался трал ВНИРО 36/45,5 м. Уловы тралом 36/45,5 м за 1,5 ч траления доходили до 12—15 т, и он полностью обеспечивал крилем линию его переработки.

До 1973 г. трал 36/45,5 м использовали промысловые БМРТ "Янтарь" и "Гранат". В 1973—1974 гг. четыре БМРТ работали на криле тралом 37/61 м, выполненным по проекту КБТФ и представляющего собой модифицированную модель трала 36/45,5 м. Лов этим тралом был весьма эффективным, суточные уловы достигали на БМРТ до 115-120 т.

С 1978 г. на промысле криля появились крупноячейные, а затем и канатные тралы 76/336 м; 67,5/336 м; 110/600 м; 78/520 м и другие. Скорость траления возросла до 4,0—4,5 узлов. Вертикальные раскрытия достигали от 30—40 до 60 м. Но вместе с тем даже лучшие из канатных тралов имели высокую процеживаемость криля сквозь канатные и крупноячейные полотна; большие длины канатных тралов создавали дополнительные неудобства и затраты времени на выборку трала.

В 1987 г. проведены испытания крилевых тралов, наилучшими из которых были признаны для судов типа РКТС 70/370 м, БАТМ и РТМС - 118/620 м, БАГ - 134/580 м и 123/640 м, БМРТ - 70/370 м и 74/416 м.

Вместе с тем результаты проведенных исследований и промышленная эксплуатация различных тралов не решали всего комплекса проблем, связанных с ловом криля. Целостность криля нарушается при незначительных механических повреждениях. Выявлено, что время подъема трала по слипу при уловах свыше 10 т более 80 % криля травмируется, а потери первоначального веса сырья при этом достигают 20 % и более.

В этой связи далее исследования в области промышленного рыболовства осуществлялись по двум направлениям:

Первое — на пелагических тралах устанавливались приборы для индикации улова криля в трале. Приборы "Улов" и "Улов-2" показали высокую точность индикации количества криля в трале и рекомендованы для применения на промысле.

Второе направление связано с использованием рыбонасосов для перекачки криля.

Принятая ведомственной комиссией гидромеханизированная установка "Шланг-К" позволила перекачивать улов из мешка трала без подъема его на слип. При этом была достигнута производительность по крилю-сырцу 53 т/ч, пульпа подавалась на высоту до 6 м, травматизм криля в уловах до 20 т составил 4,2 %.

Кроме того, использование установки "Шланг-К" значительно облегчало труд палубной команды и создавало условия для безопасной работы. Разработанная НПО Промрыболовства насосная установка "Исток" была предназначена для механизации выливки улова криля из трала на судах проекта 16080 (типа "Антарктида"), максимальная производительность установки (по крилю) — 80 т/ч, среднепромысловая — 60 т/ч, повреждаемость криля не более 5 %.

Применение гидромеханизированного способа выливки криля из трала существенно снижает повреждаемость сырца, и на хранение криль поступает практически живой. При этом характер протекания посмертных изменений в криле, фиксируемых по органолептическим показателям, не зависит от величины улова. Применение гидромеханизированного способа выливки криля обеспечивает возможность удлинить продолжительность стадии до наступления окоченения с 1-2 ч до 3 ч, стадии окоченения — с 1-2 ч до 3-4 ч. Разрешение посмертного окоченения у криля-сырца, поднятого на борт судна насосной установкой, наступает через 4 ч.

Полученные результаты открыли перспективы выхода на принципиально новый уровень промысла криля, позволяющий регулировать качественные и количественные характеристики уловов при наименьших затратах.

3.2. ПОСМЕРТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРИЛЯ - АВТОЛИТИЧЕСКИЕ И МИКРОБИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Для характеристики криля как объекта обработки и использования представляется необходимым изучить не только его химический состав и свойства, но и прижизненные и посмертные изменения, связанные с физиологическим состоянием, условиями обитания и вылова криля, и особенно автолитическими процессами, наиболее ярким проявлением которых на ранних этапах хранения является посмертное окоченение.

Анализ материалов первых отечественных исследований криля как объекта обработки и использования, проведенных ВНИРО и АтлантНИРО в начале 60-х годов, показал, что без учета вариативности химического состава и свойств криля затруднительно создавать научно обоснованные технологии его переработки, при этом необходим комплексный подход к изучению криля-сырца.

Материал, изложенный в предыдущих разделах, свидетельствует о значительной внутри- и межгодовой изменчивости криля, особенно это касается липидов (от 1,2 до 11,7 %), в теле рачков распределенных неравномерно, большая часть которых сосредоточена в головогруды и подпанцирной пленке.

Питание, созревание, линочный цикл — наиболее важные факторы, отражающие различные аспекты жизнедеятельности рачков.

Основные процессы, протекающие в популяции криля в течение промыслового сезона и определяющие его химический состав и свойства, заключаются в том, что весной происходит интенсивный откорм рачков фитопланктоном и ускоренный их рост, в результате в скоплениях преобладает "зеленый" криль. Далее активность питания его заметно падает, зеленая окраска становится менее интенсивной, а усвоенная пища преобразуется в половые продукты, и в итоге наступает заключительный этап созревания, появляются

полностью созревшие и слабопитающиеся "икряные" самки. Затем криль нерестится, а после нереста химический состав тела рачков, особенно самок, существенно изменяется.

Изменения качества криля-сырца наблюдается в ходе его промысла во времени, а также с изменением района ведения промысла, иногда в течение нескольких дней и даже тралений, влияя при этом на химический состав криля, выход и качество получаемой из него продукции.

Сезонные изменения химического состава криля очевидны. Однако их характер и амплитуда во многом зависят у взрослых особей от пола и половозрелости, а у неполовозрелых — от размеров.

Отмечается и межгодовая изменчивость химического состава криля, обуславливаемая экологическими факторами.

Антарктический криль обладает высокой протеолитической активностью, а протеолиз является важнейшим процессом, определяющим нестабильность его свойств и сроки хранения криля-сырца.

Высокая концентрация протеолитических ферментов цефалоспоров вызывает интенсивное расщепление самих ферментативно активных белков, в результате чего протеолитическая активность криля при хранении снижается. В этой связи отделение головогрудки криля сразу после его вылова или удаление ее содержимого способствует снижению скорости протеолиза мышечной ткани абдомена.

Изучение посмертных изменений криля позволило установить, что они характеризуются не только протеолизом, но и быстрым наступлением окоченения и его разрешением во время хранения при температуре 0–5 °С, причем значения рН целого криля не выходят за пределы щелочной зоны в отличие от рН мяса, величины которого ниже 7. При этом характер изменения рН криля аналогичен изменению рН мяса рыб в ходе наступления и разрешения посмертного окоченения (рис. 16).

С понижением рН постепенно наступает стадия посмертного окоченения криля. Шейка становится более упругой, имеет дугообразную форму. При распрямлении она снова стремится вернуться в прежнее положение. При последующем хранении тело криля теряет упругость, мышечная ткань становится более мягкой и мажущейся, что обусловлено развити-

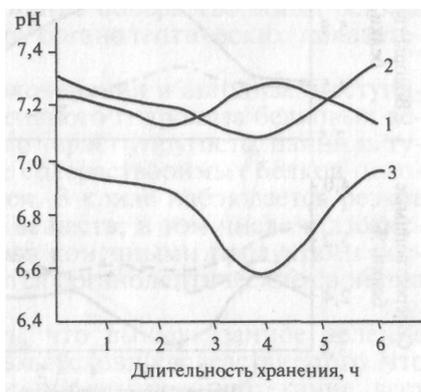


Рис. 16. Изменение рН целого криля (1), шейки (2) и мяса (3) в зависимости от продолжительности хранения

ем процессов протеолиза, для которого были созданы благоприятные условия в результате завершения процессов гликогенолиза и гидролиза органических фосфатов, последующего снижения рН криля.

Гидролиз белка криля сопровождается накоплением различных небелковых азотистых веществ (табл. 52).

Таблица 52

Влияние сроков хранения криля-сырца на содержание небелковых азотистых веществ в целом криле и его шейке

Длительность хранения, ч	Небелковый азот, мг %		Тирозин, мг %	
	Целый криль	Шейка	Целый криль	Шейка
0	504,4±10,4	601,2±7,8	38,6±1,9	42,7±1,8
1	537,2±12,6	610,4±6,5	40,7±2,5	43,3±1,5
2	555,2±8,4	635,4±5,8	44,5±2,2	44,4±1,2
3	564,1 ±4,2	640,2±5,2	48,8±2,0	47,1 ± 1,3
4	576,9±5,6	645,3±8,2	53,2±1,8	50,1±2,6
5	603,4±6,3	651,1±7,6	59,4±2,4	58,2±2,8
6	645,7±11,4	660,2±8,2	67,5±2,5	65,3±2,0

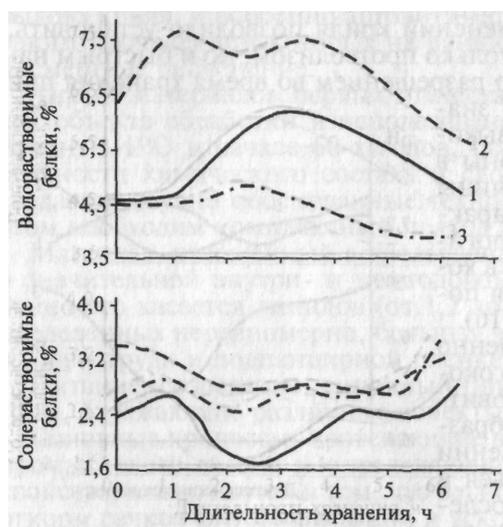


Рис. 17. Изменение содержания солерастворимых и водорастворимых белков целого криля (7), шейки (2) и мяса (3) в зависимости от продолжительности хранения

В результате автолитических процессов изменяется содержание солерастворимых белков криля, увеличивается количество небелкового азота и, соответственно, азота летучих оснований (рис. 17).

При этом заметно ухудшаются органолептические показатели целого криля (цвет, запах, вкус, консистенция).

В процессе хранения криля-сырца наблюдается снижение рН, которое достигает своего минимума у целого криля раньше, чем у мяса его шейки. Это можно объяснить процессами гликогенолиза и распада органических фосфатов, происходящими в сырце при его хранении.

После гибели криля под действием ферментов (фосфорилазы, амилазы) происходит разрушение гликогена, сопровождающееся накоплением молочной кислоты, снижающей значение рН криля. В результате снижения рН мышечной ткани криля активизируется деятельность ферментов, гидролизующих нуклеотиды (креатинфосфат, АТФ) с образованием фосфорной кислоты, снижающей рН мышц до минимального значения.

При хранении криля более 5–6 ч наступает глубокий автолиз и развитие бактериальной порчи внутренностей и мышечной ткани, при которых в полости головогруды образуется желтоватая, с неприятным запахом жидкость. Значение рН целого криля, хранившегося более 5 ч, начинает падать, что может быть обусловлено преобладающим накоплением карбоновых кислот. Содержание АЛО в этот период достигает 35–50 мг%.

В итоге проведенных исследований процесс посмертных изменений криля можно разделить на три стадии:

- первая стадия — до наступления окоченения продолжительностью 1,0–1,5 ч; в этот период криль постепенно приобретает непрозрачный опалово-розовый цвет, полупрозрачное студнеобразное мясо шейки постепенно белеет. Эти изменения сопровождаются снижением значения рН и уменьшением содержания фракции со- лерастворимых белков. После варки криль характеризуется светло-розовым цветом, приятным креветочным вкусом и запахом;
- вторая стадия — собственно окоченение, наступает по истечении 1,0–1,5 ч после начала хранения криля и заканчивается через 2–3 ч. Шейка криля становится более упругой, имеет дугообразную форму. Значение рН и содержание со- лерастворимых белков минимальны, заметного ухудшения органолептических показателей криля не отмечается;
- третья стадия — разрешение окоченения и автолиза, наступает через 2–3 ч. В результате интенсивного гидролиза белковых веществ мясо криля размягчается, тело теряет упругость, панцирь тускнеет. Значение рН и содержание со- лерастворимых белков целого криля и его шейки увеличивается. В криле наблюдается резкое увеличение небелковых азотистых веществ, в том числе и азотистых летучих оснований, являющихся конечными продуктами распада белков. Значительно ухудшаются органолептические свойства криля.

При этом необходимо отметить, что вышеуказанное деление стадий посмертных изменений весьма условно вследствие того, что после гибели криля возможно одновременное протекание всех процессов, но их интенсивность в данный момент времени не одинакова.

3.3. МИКРОФЛОРА КРИЛЯ

Изучение микрофлоры криля и среды обитания, особенно в районах его крупномасштабного промысла, представляет не только научный интерес, но и является очень важным моментом в плане санитарного контроля при производстве пищевой, кормовой и технической продукции.

Начиная с 1974 г. ВНИРО в рамках научных и научно-промысловых экспедиций проводились исследования микрофлоры свежесвыловленного криля в различных районах Южного океана, при этом отбор проб криля и морской воды осуществлялся не только в условиях скопления судов на промысле, но и в условиях автономного плавания научных судов. Основные работы проводились в Атлантическом секторе Антарктики (морях Скотия, Уэдделла), так как именно там в различные годы велся крупномасштабный промысел криля. Отдельные работы по изучению микрофлоры криля проводились в Индоокеанском и Тихоокеанском секторах Антарктики (в районе морей Космонавтов, Содружества, Рисер-Ларсена и моря Беллинсгаузена).

Во время восьми антарктических экспедиций, в период с декабря по май, изучался количественный и качественный состав микрофлоры свежесвыловленного криля.

Установлено, что количество микроорганизмов свежесвыловленного криля исследованных районов Южного океана незначительно (табл. 53).

Таблица 53

Микрофлора свежесвыловленного криля исследованных районов Южного океана

Район исследования	Количество микроорганизмов, кл/г, выросших при температуре		
	37°C	25°C	8°C
<i>Атлантический сектор</i>			
Море Скотия	0,6x10 ² -1,4x10 ³	1,0x10 ² -1,4x10 ⁴	1,7x10 ⁴ -4,0x10 ⁴
Море Уэдделла	0,4x10 ² -1,2x10 ³	0,8x10 ² -1,6x10 ⁴	0,9x10 ⁴ -2,3x10 ⁴
<i>Индоокеанский сектор</i>			
Море Космонавтов	1,9x10 ² -2,8x10 ³	0,9x10 ³ -2,6x10 ⁴	1,5x10 ⁴ -2,7x10 ⁴
Море Содружества	1,1x10 ² -1,2x10 ³	2,2x10 ³ -2,6x10 ³	1,9x10 ³ -3,4x10 ⁴
Море Рисер-Ларсена	1,0x10 ² -2,2x10 ³	4,1x10 ³ -2,3x10 ⁴	1,8x10 ⁴ -3,2x10 ⁴
<i>Тихоокеанский сектор</i>			
Море Беллинсгаузена	0,4x10 ² -1,4x10 ³	2,1x10 ² -2,9x10 ³	6,2x10 ³ -1,0x10 ⁴

Общая бактериальная обсемененность криля не превышала 1,6 x 10³ кл/г мезофильных и 4,0 x 10⁴ кл/г психрофильных форм микроорганизмов. В подавляющем большинстве проб общая численность психрофильных бактерий, т.е. бактерий, оптимум роста которых лежит в пределах температур ниже плюс 10 °С, была на один порядок выше, чем мезофилов.

При пересевах бактерий, выросших при плюс 37 °С, отмечался угнетенный рост на обычных питательных средах, и в дальнейшем они погибали. Вероятно, их оптимум роста был значительно ниже температуры плюс 37 °С.

В период работ в районе моря Скотия (Атлантический сектор Антарктики) с марта по июнь наблюдались незначительные сезонные изменения общего количества бактерий (табл. 54).

Таблица 54
Сезонные изменения микрофлоры криля в море Скотия

Район исследования	Время отбора проб	Количество микроорганизмов, кл/г	
		Мезофилы	Психрофилы
Южные Оркнейские острова	Март	$2,1 \times 10^2 - 1,0 \times 10^4$	$5,0 \times 10^2 - 4,0 \times 10^3$
	Апрель	$5,0 \times 10^2 - 2,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2 - 4,2 \times 10^3$
о. Южная Георгия	Май	$2,5 \times 10^2 - 9,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2 - 1,8 \times 10^3$
	Июнь	$1,0 \times 10^2 - 1,5 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2 - 1,8 \times 10^2$

Наибольшая обсемененность криля исследованных районов в марте не превышала $4,0 \times 10^4$ кл/г. Установлено, что чем больше наполнение желудка криля, тем выше его обсемененность. Так, например, в марте вылавливали криль с наполнением желудка от 2 до 4 баллов, в остальное время — с наполнением 1–2 балла, и, соответственно, общая бактериальная обсемененность криля в марте была на порядок выше, чем в мае — июне. В районе острова Южная Георгия в июне вылавливался непитающийся или слабопитающийся криль, и общая бактериальная обсемененность его была незначительной.

Исследованиями ВНИРО установлено, что численность бактерий в образцах криля зависит от его физиологического состояния. Результаты анализов общей численности бактерий питающегося и непитающегося криля показали, что число бактерий в питающемся криле на порядок выше (табл. 55).

Таблица 55
Влияние физиологического состояния криля на его микрофлору

Наполнение желудка криля, балл	Количество клеток микроорганизмов, кл/г	
	Мезофилы	Психрофилы
0-1	$0,8 \times 10^2 - 2,1 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3 - 1,6 \times 10^4$
2-3	$4,6 \times 10^2 - 4,9 \times 10^3$	$4,1 \times 10^2 - 3,4 \times 10^4$

Анализы численности бактерий отдельных частей тела криля показали, что наибольшая часть микрофлоры сосредоточена в головгрудии и кишечнике (табл. 56).

Микрофлора отдельных частей тела криля

Части тела криля	Количество клеток микроорганизмов, кл/г	
	Мезофилы	Психрофилы
Головогрудь	$1,5 \times 10^4 - 2,8 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4 - 8,0 \times 10^4$
Абдомен	$0,4 \times 10^3 - 1,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^4 - 2,1 \times 10^4$
Кишечник	$6,1 \times 10^3 - 1,4 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4 - 2,6 \times 10^4$

Инкубирование посевов при температурах 37, 25, 8 °С и на различных питательных средах, наряду с возможностью определить более полно микрофлору криля, позволило учесть и более широкий ее видовой спектр.

Методом поверхностного посева на питательные среды различных разведений проб криля установлено, что в посевах доминировали пигментные формы бактерий. В некоторых посевах свежевывловленного криля окрашенные формы составляли свыше 60 % от общего количества микробных колоний.

Микрофлора криля была представлена, главным образом, неспоровыми психрофильными и мезофильными бактериями. В составе микрофлоры криля не были обнаружены строгие анаэробы и бактерии группы кишечной палочки.

Психрофильные бактерии представляли собой кокки и короткие палочки, образующие на стандартных питательных средах колонии бурого, кремового, зеленовато-желтого и розового цветов. Пигментация колоний встречалась у 70–80 % всех выросших психрофильных бактерий. Выделенные штаммы психрофилов проявляли протеолитическую и липолитическую активность при низких температурах, при которых мезофильные формы неактивны.

Характеризуя морфологию аэробных мезофильных бактерий, следует отметить преобладание кокковых форм (часто встречались крупные кокки) и очень коротких мелких палочек. Отдельные штаммы мезофильных бактерий на поверхности агаровых сред образовывали гигантские плоские колонии с неровными краями (форма клеток нитевидная). Колонии мезофильных бактерий имели чаще всего кремовую окраску. На твердых питательных средах 15–20 % выделенных штаммов мезофильных бактерий, имеющих бурую окраску, образовывали внеклеточный пигмент.

Следует отметить, что в посевах часто и в значительном количестве встречались штаммы бактерий, которые проявляли антагонистическое действие на окружающую микрофлору. Так, например, при анализе свежевывловленного криля в районах Южных Оркнейских островов количество штаммов бактерий-антагонистов превышало 10 % от общего числа выросших на чашках колоний.

Выделенные из криля чистые культуры психрофильных и мезофильных бактерий способны развиваться на агаризованных питательных средах с высоким содержанием NaCl, т.е. их можно отнести к галотолерантным бактериям. Отдельные штаммы психрофилов хорошо культивировались на средах с 12–14 % NaCl.

Идентификация бактерий позволила определить, что большинство выделенных штаммов относится к родам *Micrococcus*, *Pseudomonas*, значительно реже встречался род *Bacillus*. Количество спорных бактерий было невелико. Санитарно-показательные и условно-патогенные микроорганизмы в свежевывловленном криле обнаружены не были.

Преобладание в микрофлоре криля бактерий рода *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Moraxella-like* отмечают и Келли с соавторами [76]. Эти авторы предполагают, что относительно невысокая обсемененность криля ($6,5 \times 10^2$ – $1,1 \times 10^3$ кл/г) обусловлена низкой температурой и слабой загрязненностью морской воды в районе промысла.

В составе микрофлоры криля относительно редко встречаются плесени и дрожжи (табл. 57).

Таблица 57
Численность плесеней и дрожжей в свежевывловленном криле

Сектор исследования	Количество клеток микроорганизмов, кл/г	
	Плесени	Дрожжи
Атлантический	$0,4 \times 10^2$ – $3,2 \times 10^2$	$0,2 \times 10^2$ – $1,3 \times 10^2$
Индоканский	$2,3 \times 10^1$ – $4,7 \times 10^2$	$1,4 \times 10^1$ – $7,4 \times 10^2$
Тихоокеанский	$2,61 \times 10^1$ – $1,2 \times 10^2$	$0,9 \times 10^1$ – $3,5 \times 10^2$

На количественный и качественный состав микрофлоры криля существенное влияние оказывает микрофлора окружающей среды — морской воды. Известно, что в морской воде основными параметрами вертикального распределения бактериопланктона являются численность и биомасса бактерий, а также относительная активность их отдельных физиологических групп [52]. Учитывая сложность определения всех вышеупомянутых параметров в условиях рейсов, предприняты попытки установления корреляции между количественной и качественной характеристикой микрофлоры морской воды и антарктического криля, как объекта, обитающего в этой экологической нише.

Проведены исследования микробиологического фона верхнего 100-метрового слоя воды в районах Южного океана, где наиболее активно велся лов антарктического криля. Пробы морской воды отбирали батометрами Нансена, комплексом "Нэйл Браун" со стандартных гидрологических горизонтов — 0, 10, 25, 50, 75, 100 м.

Методом прямого микроскопического счета на мембранных фильтрах установлено, что содержание клеток бактерий в пробах воды не превышало $4,2 \times 10^3$ в 1 мл и сосредоточены они главным образом в верхнем 50-метровом горизонте (табл. 58).

Таблица 58

Микрофлора морской воды исследованных районов Южного океана

Сектор отбора проб	Общее количество бактерий в 1 мл (прямой метод счета)	
	Мезофилы	Психрофилы
Атлантический	$2,6 \times 10^2 - 6,3 \times 10^2$	$2,4 \times 10^2 - 4,2 \times 10^3$
Индоокеанский	$2,1 \times 10^2 - 9,2 \times 10^2$	$0,4 \times 10^2 - 1,1 \times 10^3$
Тихоокеанский	$0,6 \times 10^2 - 7,3 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3 - 4,1 \times 10^3$

В морской воде наиболее часто встречаются бактерии рода *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacterium*, значительно реже — *Bacillus*. В поверхностном горизонте были обнаружены плесени (рода *Penicillium*) и дрожжи (родов *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*). Ни в морской воде, ни в образцах свежесобранного криля бактерии группы кишечной палочки не обнаружены.

На некоторых гидрологических станциях мы отмечали в верхних горизонтах увеличение общего количества бактерий по сравнению с общим микробным фоном района работ, что, вероятно, было связано с увеличением массы фитопланктона.

Температура морской воды в исследованных районах не оказывала заметного влияния на количественное соотношение мезофильных и психрофильных форм микроорганизмов. Температура колебалась от плюс 3 °С до минус 2 °С.

Качественный состав микрофлоры свежесобранного криля и морской воды почти идентичен. Как в криле, так и в морской воде преобладали психрофильные и психротолерантные пигментные формы бактерий. Аналогичная картина наблюдалась и в доминировании родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacterium*. Однако количественный состав микрофлоры криля на порядок и более выше, чем в пробах морской воды.

Итоги проведенных исследований свидетельствуют о том, что по микробиологическим характеристикам криль-сырец пригоден для производства в первую очередь пищевой, а также кормовой и технической продукции.

3.4. ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА КРИЛЯ

Как указывалось выше, на скорость протекания посмертных изменений в криле оказывают влияние условия траления, способы выливки улова из трала и хранения сырца до обработки.

Установлено, что длительное траление криля (1,5–2 ч) при наполнении трала более Ют обуславливает значительную повреждаемость рачка, особенно головогруды (до 35 %).

Сокращение времени траления до 1 ч и наполнение трала до 10 т приводит к снижению количества поврежденных экземпляров криля до 12 %. При последующем снижении наполнения трала до 2–3 т повреждаемость криля достигает минимальной величины — 3–5 %. Использование при выливке криля из трала установок "Шланг-К" и "Исток" приводит к дальнейшему снижению повреждаемости криля. Вместе с тем при выливке улова в палубный бункер криль также подвергается травмированию — деформируется головогрудь, разрушается карапакс и панцирь шейки. При этом в бункере полного отделения морской воды от криля не происходит и количество морской воды составляет от 2,90 до 3,12 %.

В процессе хранения криля в бункере забортная вода стекает в нижние слои, в результате чего наблюдается заметная деформация головогруды криля.

Установлено, что при хранении криля-сырца высотой около 1 м наиболее интенсивное выделение жидкости из улова наблюдается в первые 10–20 мин хранения сырца (табл. 59).

Таблица 59
Количество сока, выделяющегося из улова криля-сырца при хранении, и ее химический состав, %

Длительность хранения криля	Количество сока, % от начальной массы сырца	Плотные вещества	Липиды	NaCl
10 мин	2,8±0,5	12,9±0,9	1,2±0,1	3,0±0,1
20 мин	3,7±0,6	13,2±0,7	1,6±0,2	3,0±0,1
30 мин	4,4±0,3	13,4±0,8	2,1±0,2	3,0±0,1
50 мин	4,9±0,3	13,7±0,8	2,6±0,3	3,0±0,1
1 ч	5,5±0,4	14,0±0,8	3,4±0,3	2,9±0,1
2 ч	6,4±0,7	14,7±0,6	4,3±0,4	2,9±0,1
3 ч	7,6±0,6	15,6±0,2	5,0±0,3	2,8±0,2
4 ч	8,6±0,3	16,1±0,1	5,5±0,1	2,8±0,1
5 ч	9,4±0,1	16,8±0,2	8,0±0,1	2,7±0,2
8 ч	10,3±0,2	17,6±0,3	8,1±0,1	2,6±0,1
24 ч	12,3±0,1	19,4±0,5	7,8±0,2	2,5±0,2

При дальнейшем хранении количество сока, выделяющегося из улова, постепенно уменьшается.

Длительность траления, количество выловленного сырца и сроки его хранения до обработки оказывают влияние на скорость автолиза белковых веществ, сопровождаемого накоплением низкомолекулярных продуктов распада (табл. 60).

Таблица 60

Изменение содержания азота летучих оснований
в криле-сырце при хранении, мг%

Длительность хранения, ч	Продолжительность траления					
	1ч		1,5 ч		2ч	
	Наполнение трала, т					
	3-5	8-10	7-9	12-15	8-10	13-15
0	12,4±1,5	13,3±1,2	12,9±1,0	15,2±2,3	14,7±1,1	15,1±1,2
1	13,7±0,91	15,0±1,1	16,5±1,6	18,2±1,9	19,0±2,2	20,3±2,8
2	5,8±1,3	18,6±1,4	20,2±1,9	24,0±0,9	23,7±1,8	26,0±2,7
3	18,2±1,8	20,1±1,9	25,4±2,2	29,1±1,2	29,0±2,5	30,2±3,2
4	21,8±1,9	25,2±2,0	30,2±3,5	33,1±1,9	33,8±2,6	35,5±2,9

Хранения криля в бункере при температуре 3 °С и 5 °С сопровождается накоплением азота летучих оснований, при этом с увеличением продолжительности траления и объема вылова криля отмечается более интенсивное увеличение содержания АЛЮ. Наиболее интенсивно накапливается АЛЮ в 8—15-тонных уловах криля при продолжительности траления 1,5—2 ч. Автолитические процессы обуславливают значительное ухудшение качества криля-сырца, большое количество поврежденных экземпляров.

Сравнительная оценка качества криля-сырца различных уловов указывает на необходимость соблюдения следующих условий при выработке пищевой продукции:

- продолжительность траления — до 1 ч;
- наполнение трала крилем — не более 10 т;
- продолжительность хранения сырья на палубе до обработки высотой не более 1 м — не более 4 ч.

4. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КРИЛЯ

Изложенные выше материалы дают четкое представление о том, что антарктический криль занимает ведущее положение в планктоне Антарктики. Огромная численность этого рачка, его биологическая ценность, а также доступность скоплений рачков для промысловых орудий лова ставят криль в число важнейших объектов промысла.

Отечественными исследованиями определены районы, сроки, условия образования промысловых концентраций криля, изучены основные этапы и продолжительность жизненного цикла. Выявлены основные особенности распределения по акватории морей Южного океана различных возрастных и размерных групп, установлены некоторые закономерности суточных вертикальных миграций криля в местах скопления в зависимости от характера и интенсивности питания, возраста, времени суток, сезона и т.д.

Разработаны практические рекомендации по поиску промысловых скоплений, конструкций орудий лова, доказана практическая возможность использования средств гидромеханизации в процессе добычи криля.

Вместе с тем антарктический криль является новым своеобразным объектом рыбной промышленности, его специфические особенности, связанные с малым размером, физиологическим состоянием и биохимическими свойствами, создают весьма серьезные трудности при разработке технологических процессов и средств механизации для обработки криля.

В настоящем разделе рассматриваются все аспекты комплексной технологии переработки криля, в основе которой лежит производство пищевой продукции, а получаемые при этом отходы используются для выработки кормовой, технической продукции и медицинских препаратов.

Если в первые годы освоения промысла криля основной объем вылавливаемого сырья направлялся на выработку кормовой про-

дукции (кормовая мука и сыромороженный криль), то начиная с 1979 г. резко возросло количество вырабатываемой из криля пищевой продукции (с 2,73 до 35,26 тыс. т/год).

На первом этапе освоения ресурсов криля преобладало кормовое направление, которое осуществлялось на имеющихся в промышленности рыбомучных установках для производства кормовой муки и морозильном оборудовании при производстве сыромороженного криля.

Для производства пищевой продукции потребовались разработка новых технологий и создание специализированного оборудования, не имеющего аналогов ни в отечественной, ни в зарубежной практике.

В итоге на основе криля разработаны следующие виды продукции:

- *пищевые* — паста "Океан" (коагулят) и консервы на ее основе, вареное и бланшированное мясо, фарш, консервы из мяса и фарша, изоляты, концентраты, гидролизаты, каротиноиды, структурированные и формованные продукты, широкий ассортимент кулинарных изделий из пасты, мяса и фарша;

- *кормовые* — кормовая мука, в том числе гранулированная и для стартовых кормов, сыромороженный криль, кормовые гидролизаты, корма химического консервирования, кормовая паста, белково-минеральная кормовая добавка;

- *технические* — хитин, хитозан, их производные, ферментные препараты;

- *парфюмерно-косметические* — хитозан и его производные, каротиноиды;

- *медицинские* — каротиноиды, ДНК, лекарственные препараты на основе хитина и хитозана.

Результаты работ ряда научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций и промышленных предприятий Минрыбхоза СССР, институтов других Министерств и ведомств позволили разработать новые способы и средства механизации для обработки криля, основанные на использовании физических (прессование, центрифугирование, тепловая обработка, замораживание, механическое шелушение и др.), а также химических и биохимических процессов, при которых происходит селективное извлечение из криля-сырца различных ценных его компонентов (белков, ферментов, каротиноидов, липидов и др.) в результате воздействия на него химических реагентов (щелочей, кислот) или ферментных препаратов.

5. ПИЩЕВАЯ ПРОДУКЦИЯ ИЗ КРИЛЯ

5.1, ТЕХНОЛОГИЯ ПАСТЫ "ОКЕАН"

В 1966 г. впервые в мировой практике научной группой ВНИРО на судне "Академик Книпович" была разработана технология пищевого продукта из криля, в виде пасты "Океан", основанная на прессовании криля-сырца, выделении жидкой фракции (сока) с последующей его коагуляцией при тепловой обработке.

Полученный таким способом сок представлял содержимое головогруди (преимущественно внутренности) и шейки.

Наличие в соке содержимого желудочно-кишечного тракта приводило к ухудшению органолептических показателей пасты и сокращению сроков ее хранения.

С целью улучшения качества пасты ВНИРО был разработан способ двухступенчатого прессования, при этом 1-я фракция сока, представляющая собой в основном содержимое головогруди, направлялась на производство кормовой продукции, а 2-я фракция — на пищевую пасту.

Сотрудниками АтлантНИРО разработан прессово-центрифужный способ получения пасты, также обеспечивающий улучшение ее качества и увеличение выхода целевого продукта.

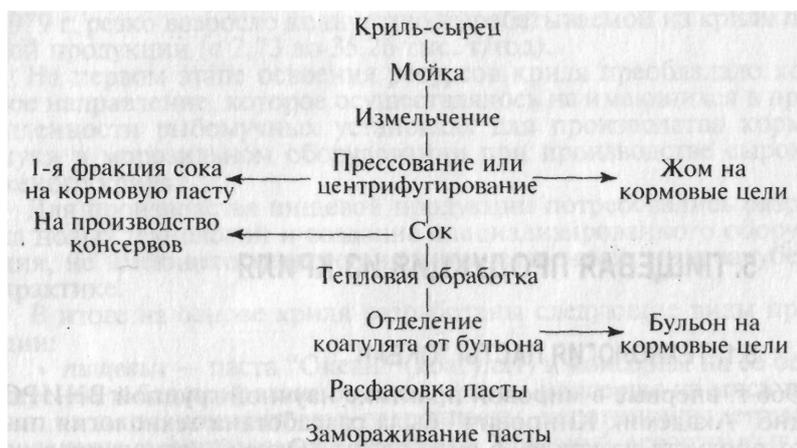
Принципиальная схема получения пасты приведена ниже.

Для производства белковой пасты используют криль-сырец, хранившийся на палубе судна не более четырех часов. Криль промывают чистой морской водой и измельчают на волчке. В случае прессования криль возможно обрабатывать без предварительного измельчений.

Целый криль или измельченную массу подвергают прессованию на шнековом прессе или центрифугированию на горизонтальной осадительной центрифуге.

Выделенный сок нагревают острым паром до температуры 120—140 °С в течение не более 10 мин до полной коагуляции белка.

Принципиальная схема получения пасты



Белок-коагулят отделяют от бульона на центрифуге или вибростите. Расфасовывают пасту в противни и замораживают до температуры в толще блока минус 18 °С.

Результаты проведенных исследований были положены в основу разработанной Минлегпишемашем и серийно освоенным комплексом оборудования для производства пасты А1-ИКП-50 производительностью 50 т/сут по сырью (рис. 18).

Представленная на рис. 18 схема технологического процесса производства пасты включает следующие этапы. Криль подают в приемный бункер, из которого шнековым прессом (1) сырье попадает в горловины двух прессов для отжима сока (2). Для улучшения качества пасты первая фракция сока, включающая в основном содержимое желудочно-кишечного тракта, отбрасывается.

Криль прессуют в пространстве между резиновой лентой и перфорированным барабаном, где происходит распределение сырья ровным слоем, при этом сок проходит внутрь барабана, а жом шнеком (11) — в сборник отходов. Сок поступает в бак (J), откуда с помощью насосной установки (4) в коагулятор (5). Коагуляцию сока проводят острым паром при температуре около 140 °С. Пар подают во внутреннюю полость корпуса коагулятора, в которой расположен шнек, транспортирующий белок-коагулят к разгрузочному узлу.

Коагулятор снабжен вращающимся ножом для предварительного дробления коагулята, а на разгрузочной горловине — измельчителем (6) для измельчения продукта до однородной массы.

Измельченную массу кулачковым питателем (7) направляют в охладитель (8), где забортной морской водой температуру коагулята

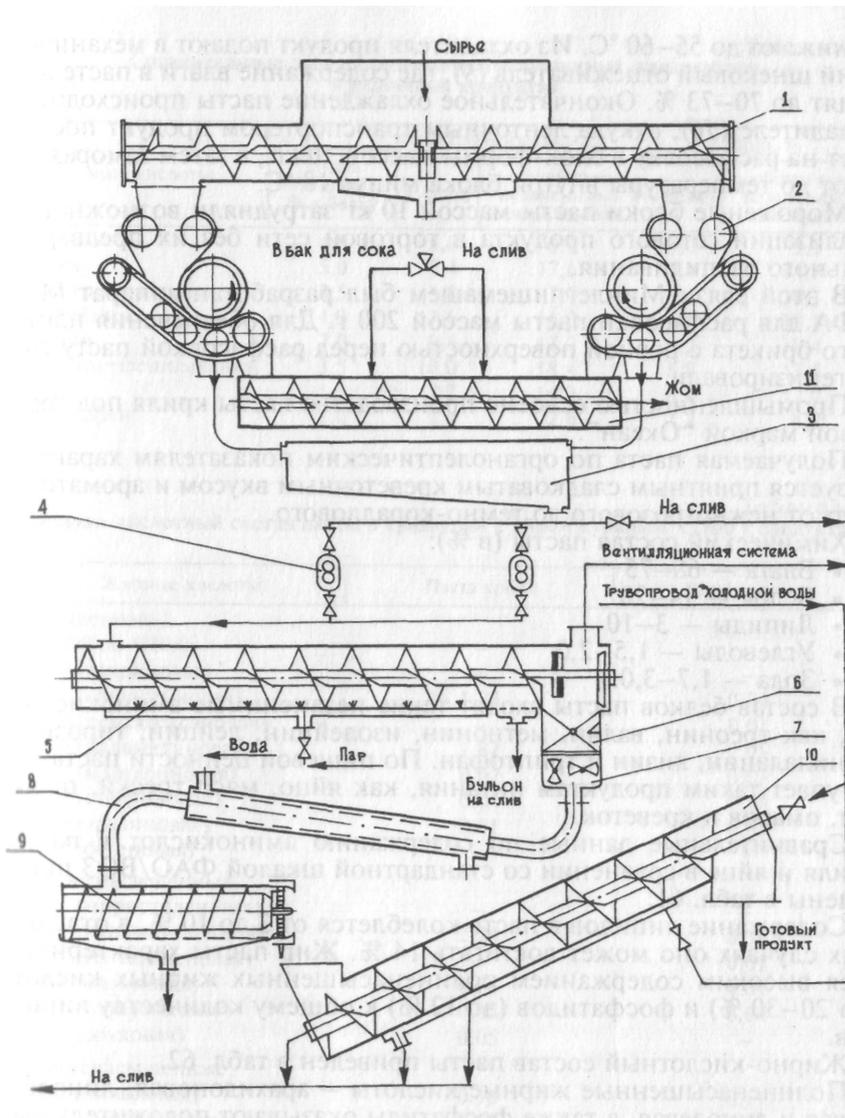


Рис. 18. Аппаратурная схема технологического процесса производства пасты на установке А1-ИКП-50

понижают до 55–60 °С. Из охладителя продукт подают в механический шнековый отцеживатель (9), где содержание влаги в пасте доводят до 70–73 %. Окончательное охлаждение пасты происходит в охладителе (10), откуда ленточным транспортером продукт поступает на расфасовку в блок-формы массой 10 кг, а затем замораживают до температуры внутри блока минус 18 °С.

Мороженые блоки пасты массой 10 кг затрудняли возможность реализации готового продукта в торговой сети без их предварительного распиливания.

В этой связи Минлегпищемашем был разработан аппарат М6-ИФА для расфасовки пасты массой 200 г. Для обеспечения плотного брикета с ровной поверхностью перед расфасовкой пасту гомогенизировали.

Промышленностью освоено производство пасты криля под торговой маркой "Океан".

Получаемая паста по органолептическим показателям характеризуется приятным сладковатым креветочным вкусом и ароматом, цвет от нежно-розового до темно-кораллового.

Химический состав пасты (в %):

- Влага — 68-75
- Белок — 14-20
- Липиды — 3–10
- Углеводы — 1,5–2,0
- Зола — 1,7–3,0.

В состав белков пасты входят такие незаменимые аминокислоты, как треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин, лизин и триптофан. По пищевой ценности паста не уступает таким продуктам питания, как яйцо, мясо трески, цыплят, омаров и креветок.

Сравнительные данные по содержанию аминокислот в пасте криля и яйце в сравнении со стандартной шкалой ФАО/ВОЗ приведены в табл. 61.

Содержание липидов в пасте колеблется от 3 до 10 %, в отдельных случаях оно может достигать 14 %. Жир пасты характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (до 20–30 %) и фосфатидов (до 12 %) к общему количеству липидов.

Жирно-кислотный состав пасты приведен в табл. 62.

Полиненасыщенные жирные кислоты — арахидоновая, линоленовая и линолевая, а также фосфатиды оказывают положительное действие на липидный (жировой) обмен и регулируют содержание холестерина в крови.

Паста криля содержит значительное количество жиро- и водорастворимых витаминов (табл. 63).

Таблица 61

**Сравнительные данные содержания незаменимых аминокислот
в различных продуктах**

Аминокислоты	Стандартная шкала ФАО/ВОЗ, % к белку	Паста криля, %		Яйцо, %	
		к белку	к общей СММС незаменимых аминокислот	к белку	к общей сумме незаменимых аминокислот
Треонин	4,0	5,0	9,2	5,0	9,9
Валин	5,0	9,4	17,6	7,4	14,7
Цистин+метионин	3,5	3,8	7,0	5,1	10,1
Изолейцин	4,0	7,6	14,0	6,6	13,1
Лейцин	7,0	9,6	17,7	9,2	18,4
Гирозин+фенилаланин	3,5	10,0	18,4	8,8	17,5
Лизин	5,5	7,7	14,2	6,4	12,7
Триптофан	1,0	1,4	2,6	1,7	4,3

Таблица 62

Жирно-кислотный состав пасты в сравнении с яйцом куриным, г/100 г продукта

Жирные кислоты	Паста криля	Яйцо куриное
Насыщенные		
От С4:0 до С10:0	-	-
С12:0 (лауриновая)	-	-
С 14:0 (миристиновая)	1,25	0,04
С 15:0 (пентадексановая)	-	0,01
С16:0 (пальмитиновая)	1,82	2,05
С 17:0 (маргариновая)	0,02	0,03
С 18:0 (стеариновая)	0,04	0,88
С20:0 (арахиновая)	0,01	0,03
С22:0 (бегеновая)	-	-
Мононенасыщенные		
С 14:1 (миристоленовая)	-	-
С 16:1 (пальмитолеиновая)	2,24	0,39
С17:1 (гентадеиеновая)	-	0,01
С18:1 (олеиновая)	0,76	4,09
С20:1 (гадол ей новая)	0,05	0,04
С22:1 (эруковая)	0,05	-
Полиненасыщенные		
С 18:2 (линолевая)	0,12	0,11
С18:3 (линоленовая)	0,03	0,06
С18:4 (октадекатетраеновая)	0,08	0,1
С20:4 (арахидоновая)	0,08	-
С20:5 (эйкозапентаеновая)	1,14	-
С 22:5 (докозапентаеновая)	-	-
С22:6 (докозагексаеновая)	0,33	-

Таблица 63

Сравнительные данные содержания жиро- и водорастворимых витаминов в пасте криля и яйце курином

Витамины	Паста криля	Яйцо куриное
Ретинол (А)	0,114	0,7
Тиамин (В ₁)	0,114	0,16
Рибофлавин (В ₂)	0,6	0,8
Пиридоксин (В ₆)	0,1	0,2
Ниацин (РР)	0,7	0,1
Пантотеновая кислота (В ₃)	0,35	1,5-2,7
Биотин (Н)	0,013	0,009-0,013
Цианокобаламин(В ₁₂)	0,016	0,001
Аскорбиновая кислота (С)	1,4	-

Паста, как и криль-сырец, богата макро- и микроэлементами, входящими в состав всех ферментных систем организма и обеспечивающими его нормальную жизнедеятельность. Ниже приведены данные по содержанию некоторых макро- и микроэлементов (в мг/100 г сухого вещества):

• Кальций —	1150,0	• Хром —	0,40
• Калий —	210,0	• Медь —	1,90
• Фосфор —	242,0	• Цинк —	2,60
• Кремний —	26,0	• Серебро —	0,40
• Магний —	129,0	• Ванадий —	0,30
• Алюминий —	0,9	• Свинец —	0,10
• Железо —	3,5	• Кобальт —	0,02
• Марганец —	3,0	• Молибден —	0,002.
• Титан —	0,43		

5.1.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАСТЫ "ОКЕАН" В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБЩЕСТВЕННОМ ПИТАНИИ

Изучение химического состава пасты "Океан" показало, что по содержанию белков и их аминокислотному спектру она близка к основным источникам животных белков — мясу сельскохозяйственных животных и рыб, творогу и яйцам, а по наличию некоторых других компонентов даже превосходит их.

Киевским НИИ гигиены питания изучено влияние пасты в рационе животных на устойчивость организма к действию токсических веществ, канцерогенных агентов и ионизирующих излучений. Исследованы также целесообразность и показания к применению пасты "Океан" в лечебном питании, а также в рациональном пи-

гании групп населения повышенного риска (дети, беременные, кормящие матери, люди преклонного возраста и др.).

Результаты проведенных исследований свидетельствовали о положительном влиянии пасты "Океан" на организм животных и человека, что позволило рекомендовать ее для широкого использования в рациональном, профилактическом и лечебном питании населения.

Разработанные ВНИРО и Киевским НИИ гигиены питания рекомендации по использованию пасты для приготовления разнообразной продукции предусматривают сочетание ее с продуктами растительного и животного происхождения. В основе таких композиций лежат органолептическая совместимость и повышение пищевой и биологической ценности за счет взаимного обогащения различных пищевых продуктов ценными нутриентами.

Наиболее целесообразно сочетать пасту с рисом, овсяной крупой, мясом птицы, сыром, брынзой, подсолненным творогом, яичным меланжем, овощами, сливочным маслом и другими продуктами, что обеспечивает возможность приготовления широкого ассортимента питательных блюд с высокими гастрономическими свойствами.

В методических рекомендациях, разработанных Киевским НИИ гигиены питания и МИНХ им. Плеханова, приведены рецептуры блюд: "Яйца, фаршированные пастой "Океан", "Картофельные фазы с пастой", "Биточки из пасты", "Икра из помидоров с пастой", "Биточки из крилевой пасты с рыбой", "Гарнир овощной с пастой", "Свекла маринованная с пастой" и др., освоенные предприятиями общественного питания.

На основе пасты "Океан" были разработаны и внедрены в промышленность "Креветочное масло", сыр "Коралл", "Чипсы", а также продукты для детского питания — масло "Детское" и "Кобюбок".

Киевским НИИ гигиены питания разработана и внедрена в промышленность технология масла "Жемчуг", рекомендованного для включения в диету больных гепатитом и больных с нарушениями липидного и белкового обмена.

Калининградским мясокомбинатом был освоен выпуск вареных и полукопченых колбас с добавлением пасты "Океан" в количестве до 20 %.

5.1.2. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВОВ ИЗ ПАСТЫ КРИЛЯ

Значительные объемы выработки пасты "Океан" промышленными судами и использование ее для производства указанной выше продукции, в основном кулинарной, имеющей ограниченные сроки хранения и реализации, обусловили необходимость изыскания возможности приготовления на основе пасты различных консервов.

Исследования проводились по двум направлениям:

- использование пасты в качестве добавки к рыбной основе;
- использование пасты в качестве основного компонента в консервах.

При использовании пасты в качестве добавки к рыбной основе консервы выдерживали обычные, принятые в промышленности режимы стерилизации (107—120 °С). Консервы этого типа были освоены промышленностью — "Завтрак туриста", "Суп рыбный любительский" и др.

В случае использования пасты в качестве основного компонента консервов было выявлено, что жесткие режимы стерилизации вызывают значительное ухудшение цвета и вкуса продукта и появление неприятного специфического "тукового" запаха. При этом продолжительность тепловой обработки консервов оказывает меньшее влияние на изменение качества, чем температура.

В этой связи для консервов на основе пасты типа паштетов или пудингов ("Завтрак рыбацкий любительский", "Пудинг любительский", "Паштет «Океан»", "Паштет «Здоровье»" и др.) была принята температура стерилизации на уровне 107—112 °С.

Положительные результаты были получены АтлантНИРО при разработке технологии натуральных пастеризованных консервов из горячего белка-коагулята криля применительно к судовым условиям.

Предложенный способ включает расфасовку белка-коагулята с температурой 75—85 °С в стерильные банки, имеющие температуру в момент расфасовки не менее 50 °С и последующей кратковременной пастеризацией консервов при 107 °С для прогрева закаточного шва и периферийной части содержимого банки.

Пастеризованные консервы из белка криля характеризовались хорошим внешним видом, приятным вкусом и ароматом, сохраняли высокие качественные показатели в течение двух лет хранения при температуре 0 — плюс 5 °С.

Данное направление использования пасты (белка-коагулята) для производства пастеризованных консервов представляется наиболее перспективным.

5.2. ТЕХНОЛОГИЯ МЯСА КРИЛЯ

Опыт реализации белковой пасты "Океан" показал, что на основе данного продукта нельзя решить вопрос практического использования такого массового источника сырья, каким является криль.

Выделение из криля чистого мяса в виде шейки сопряжено с определенными трудностями, связанными с небольшими размерами рачка, масса которого не превышает 1 г, высокой активностью ферментов внутренних органов и, как следствие этого, быстрой порчей криля после вылова.

При этом следует отметить еще одну особенность криля, вызывающую сложность его обработки. Это связано с тем, что промысел криля ведется в период его активного питания фитопланктоном и при разработке технологии пищевой продукции возникает необходимость освобождения от зеленой массы внутренностей.

Отсутствие отечественного и зарубежного опыта использования криля для получения мяса, невозможность его переработки на основе традиционных методов обусловили необходимость принципиально новых подходов к созданию эффективных технологий и специализированного оборудования.

В итоге было разработано несколько технологических схем и создано оборудование для получения чистого мяса из криля разными способами:

- разделение криля на компоненты с целью получения мяса, панциря, глаз и внутренностей, основанного на варке криля, подсушке инфракрасными лучами и отделении глаз, механическом воздействии на криль для разрушения панциря и выделения мяса, отделении мяса от внутренностей методом флотации;
- разделение криля на компоненты (мясо, панцирь, содержащее головогрудь, кристаллы льда), основанного на замораживании, дроблении и просеивании материала в мороженом виде на фракции с использованием электростатического поля;
- разделение замороженного и измельченного криля на компоненты (мясо, глаза и панцирь) с помощью вакуумирования при нагреве поверхностного слоя криля до температуры, близкой к криоскопической.

Указанные способы не были внедрены в промышленность вследствие трудностей, связанных с их технической и практической реализацией.

Результаты последующих исследований позволили определить 3 основных направления получения чистого мяса из криля:

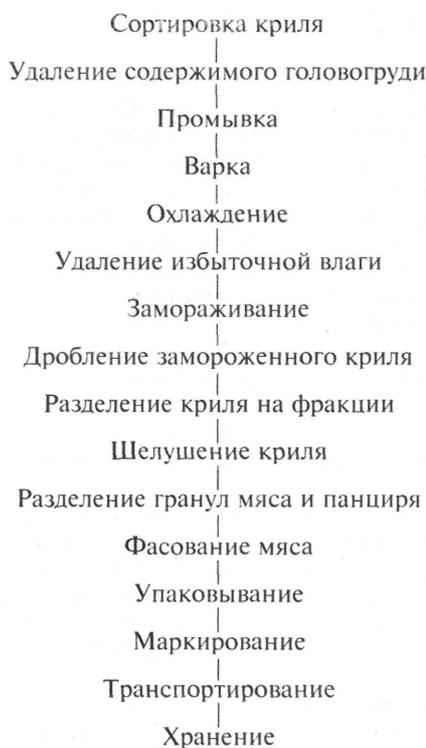
- варено-мороженое мясо в виде гранул методом шелушения криля в замороженном состоянии по технологии ВНИРО;
- вареное и бланшированное мясо криля в виде "шек" методом аэрошелушения по технологии ВНИРО — ВНИЭКИПродмаш;
- варено-мороженое мясо в виде кусочков по технологии ТИПРО.

Усилиями научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов Минрыбхоза СССР (ВНИРО, АтлантНИРО, ТИПРО, Гипрорыбпром, Дальтехрыбпром, Севтехрыбпром, ЦПКТБ "Азчеррыба") и Минлегпищемаша (НПО "Мир") разработаны технологии и создано оборудование для получения мяса криля по указанным выше направлениям.

5.2.1. Варено-мороженое гранулированное мясо криля

Технология и комплекс оборудования для получения гранулированного мяса криля разработаны ВНИРО, ЦП КГБ "Азчеррыба", Техрыбпромом и Гипрорыбфлотом. Производительность линии Н26-ИПВ 1 т/ч по сырью. Промышленная эксплуатация этих линий проводилась на судах СПОРП "Атлантика" — БМРТ "Н. Островский" и "Жуковский".

Технологический процесс получения гранулированного варено-мороженого мяса криля на линии Н-26-ИПВ представлен следующей схемой:



Криль-сырец из бункера поступает на ленточный транспортер для удаления посторонних примесей, затем в шнековый пресс для отделения содержимого желудочно-кишечного тракта и печени, особенно у питающегося криля. Усилие прессования определяется величиной зазора между подвижным конусом и обечайкой прессы.

Подпрессованный криль подают на сетчатый транспортер для промывки забортной морской водой.

Промытый криль винтовым конвейером транспортируют в шнековый варильник для варки острым паром до достижения температуры в массе криля 90—95 °С. Охлаждают криль забортной морской водой до температуры 12—15 °С, после чего на сетчатом конвейере удаляют избыточную влагу. Замораживают криль в роторном морозильном аппарате россыпью или в существующих на судах морозильных камерах блоками (без глазирования).

Для последующей обработки блоки криля дробят сначала в льдодробилке, а затем в дробилке центробежного типа. Криль, замороженный россыпью, поступает сразу на центробежную дробилку.

На специальных ситах дробленый криль отсеивают на три фракции (3 x 3; 6 x 6; 10 x 10 мм), первая из которых направляется в отходы, две другие — отдельно в шелушильные машины.

После шелушения массу снова пропускают через вибрлоток для отделения мяса от панциря. Полученное мясо расфасовывают в полиэтиленовые пакеты массой не более 0,3 кг и упаковывают в картонные короба. Для расфасовки мяса разработано дозирующее устройство Н2-ИКЗ, обеспечивающее точность дозирования $\pm 3\%$.

Данные, представленные в табл. 64, дают представление об изменении химического состава криля на различных этапах технологического процесса получения гранулированного мяса криля.

Аппаратурное оформление процесса получения гранулированного варено-мороженого мяса криля представлено на рис. 19.

Таблица 64
Химический состав исходного сырья, полуфабриката и готового продукта
в виде гранулированного мяса криля, %

Объект исследования	Влага	Липиды	Белок	Зола	Панцирь
<i>Криль-сырец</i>					
Криль-сырец	79,0	3,0	13,8	3,0	1,8
После прессования	76,5	3,8	16,0	3,0	—
После промывки	81,5	2,2	13,5	2,5	—
После варки	80,0	2,5	14,0	2,5	—
После удаления избыточной влаги	79,0	2,3	14,5	2,0	—
<i>Варено-мороженный криль</i>					
Россыпью	78,0	2,2	16,0	2,0	1,0
Блоками	79,5	2,0	15,4	2,0	1,4
<i>Мясо криля из мороженого сырья</i>					
Россыпью	77,0	1,9	16,9	1,8	0,3
Блоками	78,0	2,0	16,5	1,9	0,4

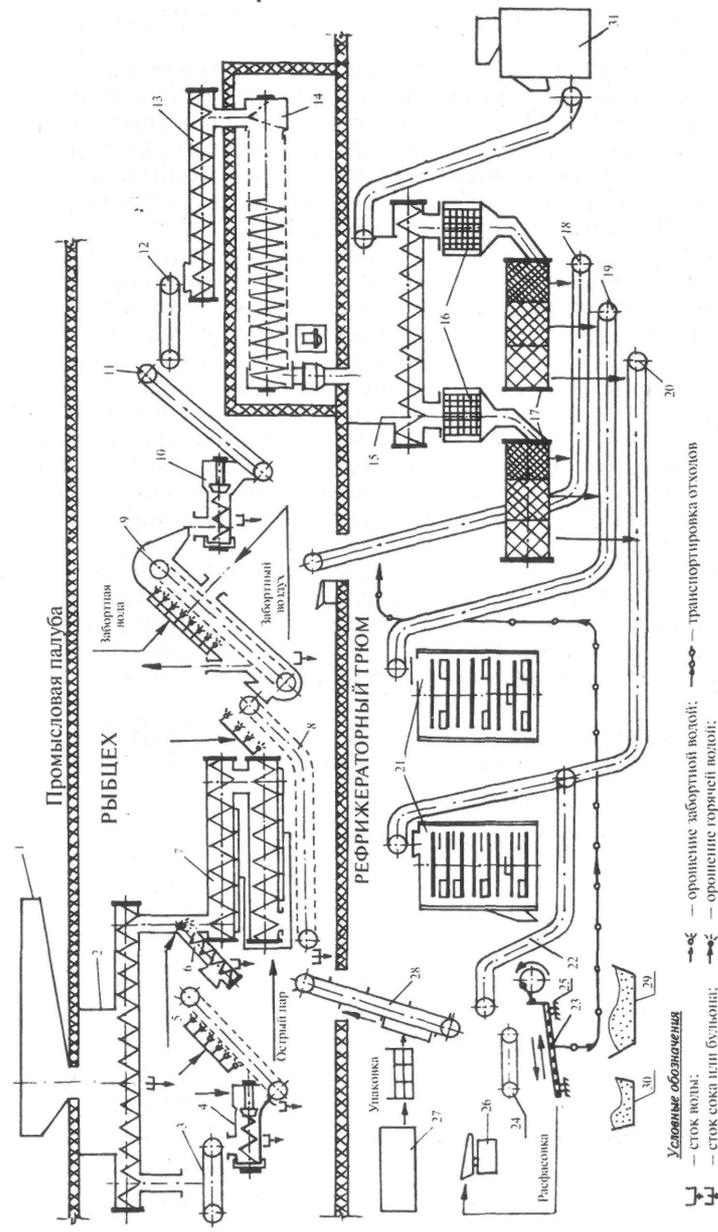


Рис. 19. Технологическая схема получения варено-мороженого мяса мелкой антарктической креветки (криля) на линии Н26-ИПВ: 1 — ванна; 2 — дозатор; 3 — транспортер инспекции; 4 — шнековый пресс; 5 — сетчатый транспортер для промывки; 6 — винтовой конвейер; 7 — варильник; 8 — сетчатый конвейер; 9 — охладитель; 10 — винтовой пресс; 11, 12 — конвейеры; 13 — питатель морозильного аппарата; 14 — роторный морозильный аппарат; 15 — бункер-дозатор; 16 — дробилка центробежного типа; 17 — машина для разделения (рассева) криля на три фракции (3 × 3, 6 × 6, 10 × 10 мм); 18 — транспортер для отходов; 19, 20 — транспортеры для подачи двух фракций криля в шелушительные машины; 21 — шелушительные машины центробежного типа; 22 — транспортер; 23 — вибросито с ячей 3 × 3 мм; 24 — транспортер; 25 — орошающее устройство; 26 — весы; 27 — расфасовывание мяса; 28 — транспортер; 29, 30 — лотки для готовой продукции; 31 — дробилка для варено-мороженого криля

Полученное варено-мороженое мясо криля представляет собой гранулы розового цвета с приятным характерным креветочным вкусом и запахом.

Варено-мороженое гранулированное мясо криля являлось готовым к употреблению продуктом и поступало в розничную торговую сеть в мелкой расфасовке массой не более 0,5 кг, а также на промпереработку блоками массой до 3,0 кг.

На его основе разработан широкий ассортимент блюд и кулинарных изделий, разработана технологическая инструкция для приготовления горячих и холодных закусок, первых и вторых блюд, утвержденная Минторгом СССР.

Дальнейшего развития это направление не получило вследствие наличия в мясе остатков головогруды, характеризующихся высоким содержанием липидов, легко окисляющихся в процессе хранения мяса. В этой связи длительность хранения продукта была ограничена 6 месяцами.

5.2.2. Варено-мороженое мясо криля, полученное методом аэрошелушения

ВНИРО совместно с НПО "Мир" (ВНИЭКИПродмаш) разработаны новая технология и комплекс оборудования для получения мяса криля на основе аэрошелушения, позволяющие с помощью энергии воздушной струи разрушать вареный криль с последующим разделением полученной массы в потоке воды на фракции и выделением чистого мяса.

Этот способ и устройство обеспечивают полное удаление головогруды, в которой концентрируется основное количество липидов.

Схема технологического процесса производства варено-мороженого мяса криля представлена ниже.

Реализация этого метода нашла воплощение в промышленной установке А1-ИКМ, аппаратная схема которой представлена на рис. 20.

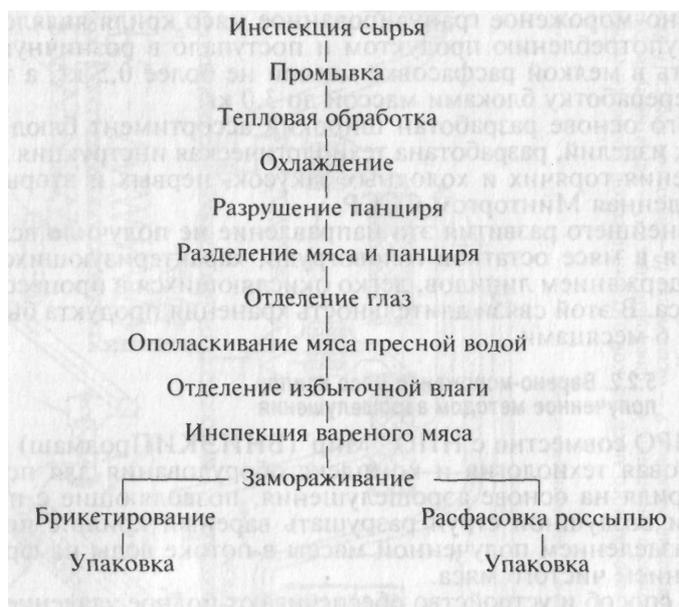
Получение вареного мяса криля методом аэрошелушения включает следующие операции.

Криль-сырец из сырьевого бункера направляют в бункер-дозатор и инспекционным транспортером подают на моечный транспортер для промывки проточной морской водой и удаления сока, выделившегося в процессе хранения и транспортирования.

С помощью винтового конвейера криль транспортируют в варильник-бланширователь. Варят криль в варильнике в пароводяной смеси или морской воде, подогретой до 93–95 °С при соотношении криля и морской воды 1:2–1:3 в течение 2–3 мин до достижения температуры внутри слоя криля 93–95 °С.

Вареный криль по транспортеру-охладителю поступает в устройство для разрушения панциря под воздействием воздушной струи давлением 6–8 кг/см². Отделение мяса от головогруды и панциря

**Схема технологического процесса производства
варено-мороженого мяса криля**



проводят в разделителе в восходящем потоке морской воды при соотношении массы криля и воды 1:40. Продолжительность контакта мяса с морской водой не более 2 мин. Из разделителя мясо попадает на вибросито, где происходит отделение глаз и мелких включений панциря, а затем на сетчатый инспекционный транспортер для стекания свободной влаги, а также удаления экземпляров криля с наличием целого панциря.

Вареное мясо расфасовывают в противни и замораживают сухим искусственным способом при температуре не выше минус 30 °С до температуры внутри блока не выше минус 18 °С или россыпью в мелкой расфасовке массой 100 г.

Выход мяса составляет 9—10 % от массы исходного сырья, содержание панциря 0,1—0,15 %, влаги не более 78 %. Полученное мясо имеет вид целых "шек" белого или бело-розового цвета с приятным, характерным креветочным ароматом и вкусом.

Высокие качественные показатели данного вида мяса криля обусловлены минимальной длительностью процесса, не превышающей 10 мин.

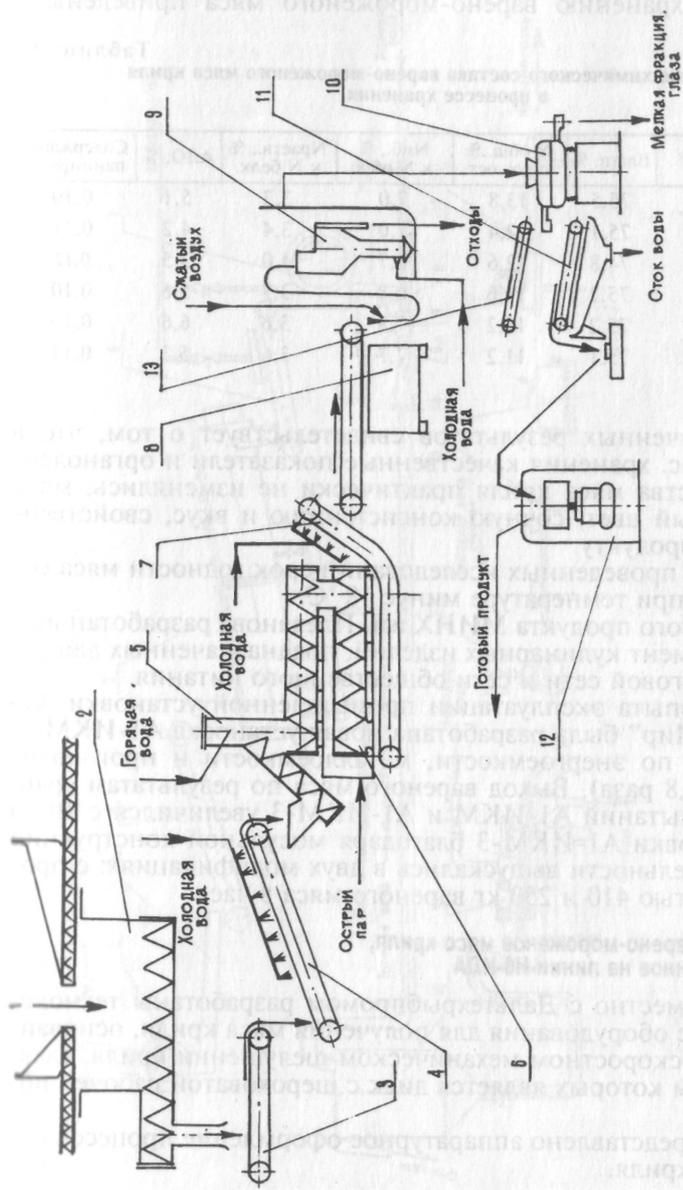


Рис. 20. Технологическая схема получения мяса крыла методом аэрошелушения:
 1 — сырьевой бункер; 2 — бункер-дозатор; 3 — инспекционный транспортер; 4 — мочный транспортер; 5 — винтовой конвейер;
 6 — жарильник-бланширователь; 7 — транспортер-охладитель; 8 — устройство для разрушения паншира; 9 — разделитель;
 10 — вибросито; 11 — сегчатый инспекционный транспортер; 12 — центрифуга; 13 — транспортер отходов

Данные по хранению варено-мороженого мяса приведены в табл. 65.

Таблица 65
Изменение химического состава варено-мороженого мяса криля в процессе хранения

Продолжительность хранения, мес.	Влага, %	N общ., % к сух. ост.	Nнб., % к N общ	Nраств., % к N белк.	АЛО, %	Содержание панциря, %
Исходный	75,5	13,8	7,0	3,3	5,1	0,10
2	75,1	12,4	7,0	3,4	4,2	0,11
6	74,8	12,6	6,7	4,0	3,5	0,12
8	75,2	11,6	6,8	3,7	5,6	0,10
10	75,2	11,2	7,8	3,6	6,6	0,10
12	75,1	11,2	7,7	3,6	5,3	0,11

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в процессе 12 мес. хранения качественные показатели и органолептические свойства мяса криля практически не изменялись, мясо сохраняло белый цвет, сочную консистенцию и вкус, свойственный данному продукту.

В результате проведенных исследований срок годности мяса составил 12 мес. при температуре минус 18 °С.

На основе этого продукта МИНХ им. Плеханова разработан широкий ассортимент кулинарных изделий, предназначенных для реализации в торговой сети и сети общественного питания.

На основе опыта эксплуатации промышленной установки А1-ИКМ НПО "Мир" была разработана новая установка А1-ИКМ-3, отличающаяся по энергоемкости, металлоемкости и производительности (в 4,8 раза). Выход вареного мяса по результатам сравнительных испытаний А1-ИКМ и А1-ИКМ-3 увеличился с 10 до 12,8 %. Установки А1-ИКМ-3 благодаря модульной конструкции по производительности выпускались в двух модификациях: с производительностью 410 и 250 кг вареного мяса в час.

5.2.3. Варено-мороженое мясо криля, полученное на линии Н6-ИЛА

ТИНРО совместно с Дальтехрыбпромом разработаны технология и комплекс оборудования для получения мяса криля, основанные на высокоскоростном механическом шелушении криля, главным элементом которых является диск с шероховатой рабочей поверхностью.

На рис. 21 представлено аппаратное оформление процесса получения мяса криля.

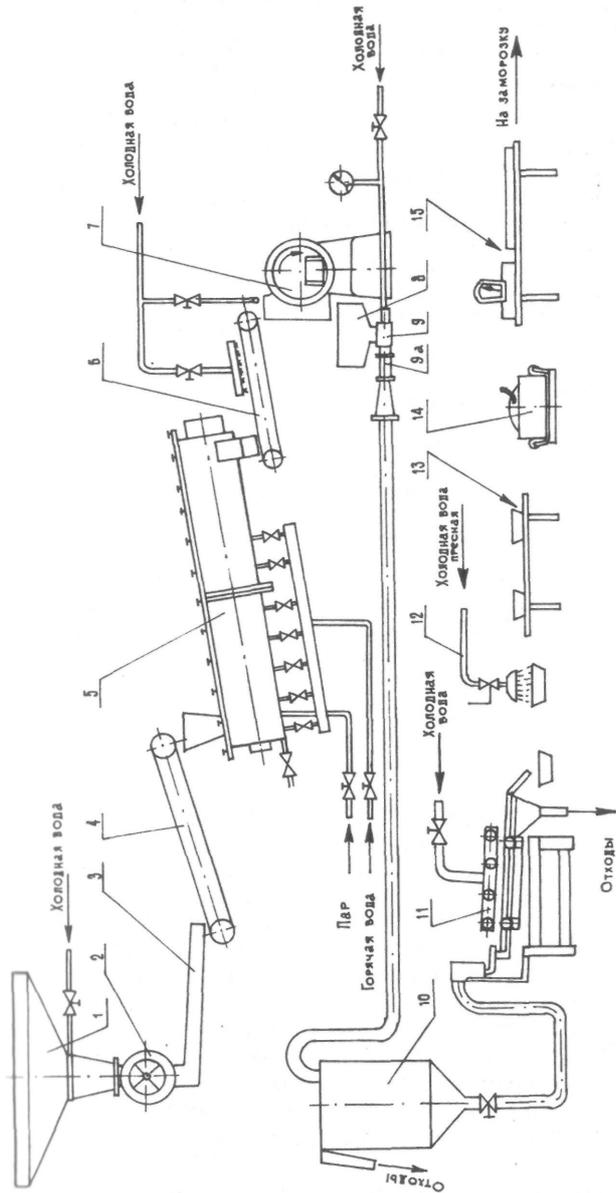
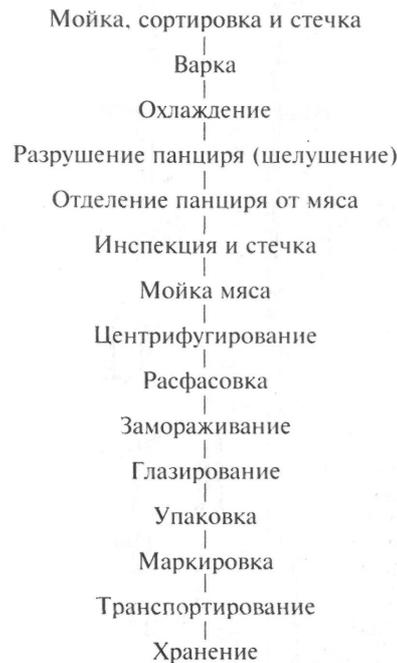


Рис. 21. Схема линии получения мяса крыла (НБ-ИЛА):
 1 — приемный бункер; 2 — дозатор барабанного типа; 3 — гидрожоб; 4 — сетчатый инспекционный конвейер;
 5 — вибрильник непрерывного действия; 6 — сетчатый конвейер; 7 — мелуничное устройство; 8 — сборник;
 9 — эжектор; 9а — насадка; 10 — гидросепаратор; 11 — виброотделитель мелких включений;
 12 — промывка пресной водой; 13 — инспекционный стол; 14 — центрифуга; 15 — расфасовка

Технологическая схема процесса получения варено-мороженого мяса включает следующие операции:



Из приемного бункера (1) криль-сырец дозатором барабанного типа (2) подают на гидрожелоб (3), по которому он поступает на сетчатый инспекционный конвейер (4) для удаления воды и прилова (рыбы, медуз и др.). Этим же конвейером криль загружают в варильник непрерывного действия (5). Варку криля производят в морской воде при температуре 60–70 °С, продолжительностью 1–2 мин. Вареный криль подают на сетчатый конвейер (6) для охлаждения и удаления избыточной влаги.

Разрушение панциря осуществляют в шелушильном устройстве (7) в потоке воды. Из шелушильного устройства пульпа попадает в сборник (8), откуда эжектором (9) через насадку (9а) подают в гидросепаратор (10) для отделения мяса от частиц панциря. В насадке эжектора (9а) одновременно происходит дошелушивание криля. Из гидросепаратора мясо по трубопроводу поступает на виброотделитель мелких включений (11), после чего его выгружают в пер-

форированные чаши, промывают пресной водой (12) и подают на инспекционный стол (13). На конечном этапе после инспекции мясо криля центрифугируют (14) для удаления избыточной влаги и далее подают на расфасовку в противни (15) и заморозку. Замораживают вареное мясо криля сухим искусственным способом для:

- розничной торговли блоками массой не более 0,5 кг;
- промпереработки блоками массой не более 12 кг.

Содержание влаги в готовом продукте 80 %, панциря 0,1–0,2 %. Полученный по данной технологической схеме продукт имеет вид небольших кусочков мяса белого цвета, запах и вкус выражен слабо.

В вареном мясе криля обнаружено 157–174 мг% аминного азота и 2,1–2,7 % азота летучих оснований. Содержание водосолераство-

римых белков (от общего содержания белка) составляет 11,7 %.

Влагоудерживающая способность составляет 42,2 %. Содержание в % (в расчете на сухое вещество):

- липидов — 5,6;
- общих азотистых веществ — 14,1;
- небелкового азота — 1,4;
- белка ($N_{об.б.ш.} \cdot N_{НБ}$) — 79,6;
- золы — 11,3;
- углеводов — следы.

Производительность линии по сырью 3700 кг/ч, выход мяса — 10,5 %.

Полученное на линии Н6-ИЛА варено-мороженое мясо криля реализуют как готовый продукт в розничной сети, а также используют в качестве полуфабриката для производства консервов и различной кулинарной продукции на рыбообрабатывающих предприятиях и в сети общественного питания.

5.3. ТЕХНОЛОГИЯ НАТУРАЛЬНЫХ КОНСЕРВОВ НА ОСНОВЕ МЯСА КРИЛЯ

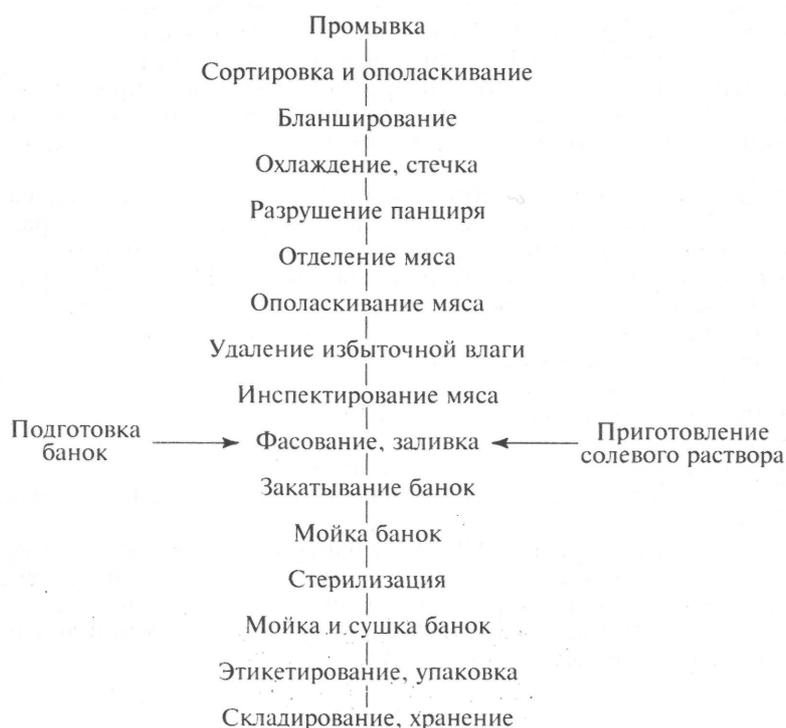
Одним из перспективных направлений массового использования криля на пищевые цели является производство натуральных консервов.

Натуральные консервы из мяса криля выпускают на оборудовании двух типов: линии НЮ-ИЛК-4, разработанной ВНИЭКИ-Продмаш и ЦПКТБ "Азчеррыба", и линии НЗ-ИЛ2Б, разработанном Дальтехрыбпромом и эксплуатируемой на серии судов типа БАТ "Антарктида".

Эти линии существенно отличаются по способу разрушения панциря криля и разделения полученной массы на панцирь и мясо, а также по режиму тепловой обработки сырья.

5.3.1. Консервы из мяса криля, получаемые на линии Н10-ИЛК-4

Технологический процесс получения консервов включает следующие операции:



Криль-сырец промывают в интенсивном потоке морской воды до полного удаления сока, выделившегося в процессе его хранения на палубе.

Промытый криль равномерно подают на сортировку для удаления посторонних примесей и прилова с последующим ополаскиванием.

Бланшируют криль в пароводяной смеси, имеющей температуру 70–75 °С, в течение 2–3 мин до достижения температуры внутри слоя криля 68–70 °С. Соотношение криля и воды 1:3.

Бланшированный криль охлаждают морской водой до температуры внутри слоя криля не выше 30 °С и направляют на стечку.

Разрушение панциря производят в специальном устройстве под воздействием воздушной струи давлением от 343 до 539 кПа (3,5—5,5 кгс/см²).

Отделяют мясо от панциря и глаз в разделителе в восходящем потоке морской воды. Продолжительность контакта мяса с морской водой не более 2 мин.

Для удаления остатков морской воды мясо ополаскивают питьевой водой на сетчатом транспортере с помощью душирующего устройства. Расход питьевой воды на ополаскивание составляет 1,5 л/ч при продолжительности контакта 1—2 с.

Избыточную влагу от мяса отделяют центрифугированием. Остаточная массовая доля влаги должна быть не более 78 %, массовая доля поваренной соли от 1,6 до 1,8 %. Массовая доля панциря не более 0,1 % к массе мяса после центрифугирования.

Для приготовления консервов используют:

- металлические банки № 22 и крышки, внутренняя поверхность которых покрыта устойчивым консервным лаком или эмалью; в банки вкладывают пакет из пергамента марки К;
- алюминиевые банки № 1 и № 1а без пергаментации.

Банки промывают горячей водой не ниже 60 °С и пропаривают острым паром.

Для приготовления солевого раствора концентрацией 0,5—1,05 % используют питьевую воду. После растворения соли раствор кипятят, фильтруют и охлаждают до температуры не выше 20 °С.

Мясо фасуют в предварительно подготовленные банки и заливают солевым раствором (табл. 66).

Таблица 66

Норма закладки мяса в банки (г на физическую банку)

Наименование консервов	Номер банки	Масса нетто	Закладка компонентов	
			Мясо	Раствор соли
Мясо антарктической креветки (крыля)	22	130	110	20
натуральное	1	105	95	10
	1а	90	80	10

Наполненные банки закатывают на вакуум-закаточной машине при величине вакуума в камере закаточной машины 53 кПа (400 мм рт. ст.) в режиме номинальной производительности, что должно обеспечивать вакуум в наполненных банках 22—33 кПа (170—250 мм рт. ст.). Продолжительность цикла приготовления консервов от начала выливки крыля из трала до стерилизации должна быть не более 3 ч. Задержка закатанных банок до стерилизации не должна превышать 30 мин.

Закатанные банки промывают от поверхностных загрязнений, остатков продукта горячей (не ниже 80 °С) морской водой, давле-

нием не менее 0,3 МПа (3 кгс/см²) с последующим ополаскиванием пресной водой.

Банки укладывают в автоклавные корзины насыпью через водяную подушку.

Не допускается укладка банок стопками, в том числе самопроизвольное образование стопок из закатанных банок.

Для водяной подушки используют пресную воду с температурой не выше 20 °С.

Стерилизацию консервов проводят в паровой среде с использованием насыщенного пара давлением не менее 0,392 МПа (табл. 67).

Таблица 67

Режим стерилизации натуральных консервов

Наименование	Номер банки	Продолжительность, мин	Температура, °С	Давление при охлаждении, МПа	F-эффект условный при Z=10°С	Примечания
Мясо антарктической креветки (крыля)	22	5–15–35–20	115	0,167	6,0	Автоклав Н10-ИТА-602
натуральное	1	5–15–30–10	115*	0,12	6,3	Автоклав АВ-2
	1а	5–15–25–20	115*	0,12	6,0	

* Давление в период собственно стерилизации поддерживать на уровне 0,072 МПа (0,72 кгс/см²).

Управление процессом стерилизации осуществляют системой автоматического регулирования и регистрации температуры, давления и времени на базе приборов ПРТ-2 и РДУ.

Автоклавные корзины должны иметь перфорацию с живым сечением полезной поверхности не менее 30 %.

После стерилизации консервы охлаждают в автоклаве пресной водой с применением сжатого воздуха до температуры 40–45 °С. Готовые консервы направляют на мойку и сушку. Мойку банок проводят душированием при температуре пресной воды 50–60 °С, давлением не менее 0,2 МПа.

Сушат банки путем обдува горячим воздухом.

Химический состав натуральных консервов из мяса крыля представлен в табл. 68.

На рис. 22 представлена аппаратная схема получения натуральных консервов из мяса крыля на линии Н 10-ИЛК-4.

Среди исследованных микроэлементов мяса (табл. 69) наибольшее количество приходится на железо, затем следуют марганец и медь. В бульоне в значительном количестве определены железо, цинк, медь и марганец.

Макроэлементы мяса (см. табл. 69) представлены прежде всего натрием, примерно в одинаковом количестве присутствуют калий, магний и в меньшем — кальций. Значительное содержание натрия

**Химический состав натуральных консервов из мяса криля
(линия Н10-ИЛК-4)**

Таблица 68

Показатели	Мясо	Бульон	Консервы целиком
	<i>Общий азот (Мобц.)</i>		
мг/г (мл)	37,4	7,0	30,50
% к общей массе консервов	95,80	4,20	-
% к сухому, остатку	14,70	10,60	14,60
	<i>Небелковый азот (NH6.)</i>		
мг/г (мл)	3,30	3,70	3,10
% к общей массе консервов	79,40	20,60	-
% к общему азоту	8,80	52,80	10,10
	<i>Белковый азот (Нбел.)</i>		
мг/г (мл)	34,10	3,30	27,40
% к общей массе консервов	98,00	2,00	-
% к общему азоту	91,20	47,20	89,9
	<i>АЛО</i>		
мг/г (мл)	0,13	0,18	0,08
% к общей массе консервов	75,50	24,50	-
% к небелковому азоту	3,90	4,90	2,50
Содержание воды, %	74,60	93,40	79,10
Сухой остаток. %	25,40	6,00	20,90

Содержание макро- и микроэлементов в консервах из мяса криля
(отдельно в мясе и бульоне), (мг/кг) (линия Н10-ИЛК-4)

Таблица 69

Макро- и микро-элементы	МЯСО			БУЛЬОН		
	Сырая масса	Сухой остаток	% к сырой массе	Сырая масса	Сухой остаток	% к сырой массе
K	984,61	3954,26	12,15	1393,19	21433,70	14,33
Ca	179,57	721,16	2,22	58,05	893,08	0,60
Mg	895,43	3596,10	11,05	628,17	9064,15	6,55
Na	6040,81	24260,3	74,57	7507,54	115500,6	78,31
I к сырой массе	8100,42			9586,95		
Cd	0,122	0,490	0,450	0,030	0,460	0,410
Pb	0,122	0,490	0,450	0,080	1,230	0,100
Cu	0,610	2,450	2,240	0,227	3,490	3,100
Zn	0,195	0,785	0,720	0,227	3,490	3,100
Fe	24,43	98,110	89,800	6,496	99,780	89,120
Al	0,256	1,028	0,940	0,027	0,410	0,370
Cr	0,210	0,843	0,770	0,065	1,000	0,890
Mn	1,100	4,420	0,404	0,130	2,000	1,770
Co	0,122	4,490	0,450	0	0	0
I к сырой массе	27,190			7,278		

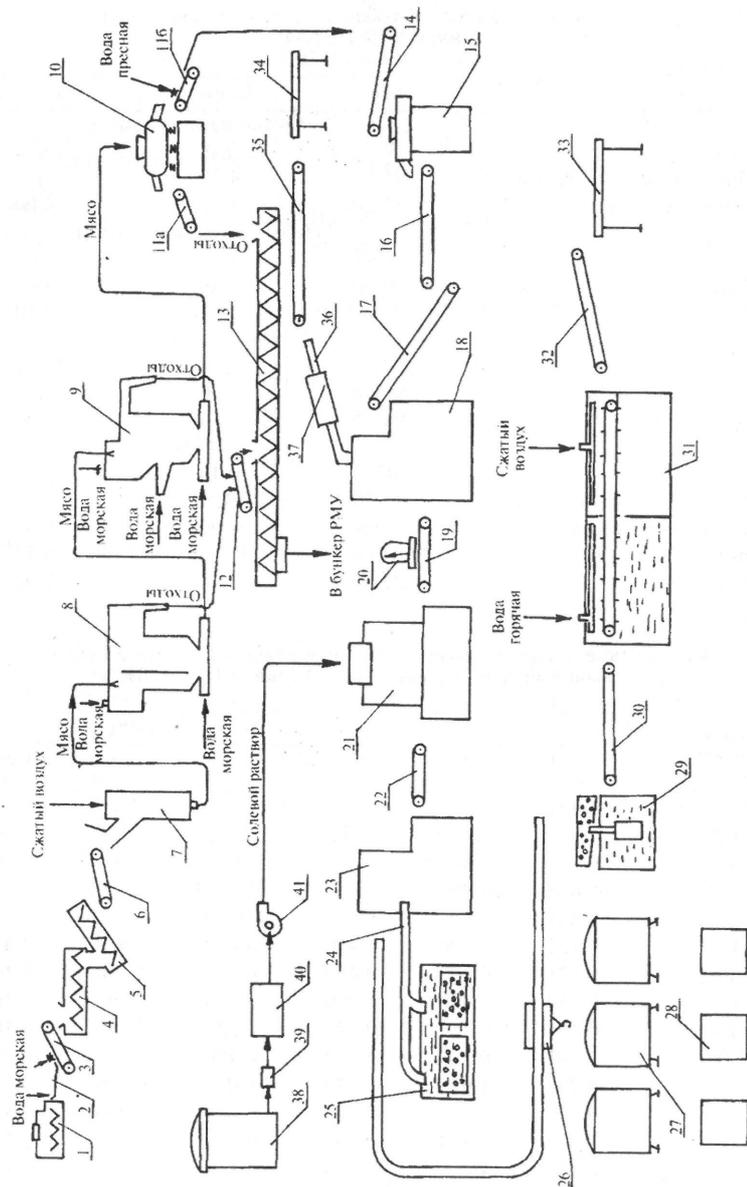


Рис. 22. Технологическая схема производства консервов из мяса криля на линии Н10-ИЛК-4:
 1 — бункер-дозатор; 2 — гидролоток; 3 — инспекционный сегчатый транспортер; 4 — варильник-бланширователь;
 5 — инспекционный транспортер; 6 — сегчатый транспортер; 7 — устройство разрушения панширя; 8 — разделитель I степени;
 9 — разделитель II степени; 10 — вибросито; 11а, 11б — двойные сегчатые транспортеры для отходов; 12 — сегчатый транспортер;
 13 — винтовой конвейер; 14 — ленточный конвейер; 15 — центрифуга непрерывного действия; 16, 17 — инспекционный ленточный
 транспортер; 18 — приемный стол машины для фасования мяса криля в консервные банки; 19 — пластинчатый конвейер
 для транспортирования банок с мясом; 20 — циферблатные весы; 21 — дозировочно-наполнительный автомат; 22 — пластинчатый
 конвейер для подачи банок с мясом и соевым растительным маслом к закаточной машине; 23 — вакуум-закаточная машина; 24 — наклонный
 лоток; 25 — автоклавные корзины; 26 — электрический тельфер; 27 — автоклав; 28 — шпиг с приборами ПРТ-2; 29 — ванна разгрузки
 консервов; 30 — пластинчатый конвейер для транспортирования банок; 31 — моечно-сушильный агрегат; 32 — пластинчатый конвейер
 для подачи консервов на упаковку; 33 — стол; 34 — стол для распаковки яиц; 35 — ленточный конвейер; 36 — наклонный лоток;
 37 — паровой испаритель; 38 — варочный котел; 39 — фильтр; 40 — охлаждающий насос

в бульоне обусловлено наличием его в заливке. Доля калия в бульоне примерно такая же, как и в мясе.

Микроэлементы после стерилизации остаются главным образом в мясе. В бульон переходят преимущественно цинк, олово и хром. Несколько иначе распределяются макроэлементы в консервах. Основная масса их также присутствует в мясе, но в меньшем количестве, чем микроэлементы. Довольно значительное количество их переходит в бульон, при этом больше всего переходят калий и натрий, меньше — кальций.

Данные по содержанию аминокислот в плотной и жидкой части консервов из мяса криля представлены в табл. 70.

Таблица 70
 Содержание аминокислот в плотной и жидкой части консервов

Аминокислоты	Плотная часть		Бульон	
	г на 100 г белка	% к общей массе консервов	г на 100 г белка	% к общей массе консервов
Аспарагиновая кислота	5,85	98,7	4,93	1,3
Треонин	2,08	99,1	1,31	0,9
Серин	2,01	98,7	1,48	1,3
Глютаминовая кислота	8,41	98,4	8,25	1,6
Пролин	2,40	97,6	3,68	1,4
Глицин	2,43	95,8	6,29	4,2
Аланин	3,02	98,5	2,82	1,5
Цистин	0,26	100	—	—
Валин	2,55	99,0	1,47	1,0
Метионин	1,09	98,3	1,09	1,7
Изолейцин	2,63	99,2	1,26	0,8
Лейцин	4,37	98,8	3,09	1,2
Тирозин	1,90	95,4	5,61	4,6
Фенилаланин	2,37	99,2	3,74	1,2
Лизин	4,92	98,8	1,40	2,4
Гистидин	1,13	99,4	0,44	0,6
Аргинин	3,67	96,7	7,45	3,3

В плотной части преобладают глутаминовая и аспарагиновая кислоты, лизин, лейцин, аргинин и аланин. В минимальном количестве представлен цистин.

В процессе стерилизации консервов в бульон из мяса переходят глутаминовая кислота, аргинин, глицин, тирозин, аспарагиновая кислота и лизин. В целом в бульоне аминокислоты присутствуют в небольшом количестве, в основном они остаются в плотной части.

Консервы из мяса антарктической креветки используют как в натуральном виде, так и для приготовления салатов, бутербродов, закусок с добавлением майонеза, лимона, овощей, а также различной кулинарии.

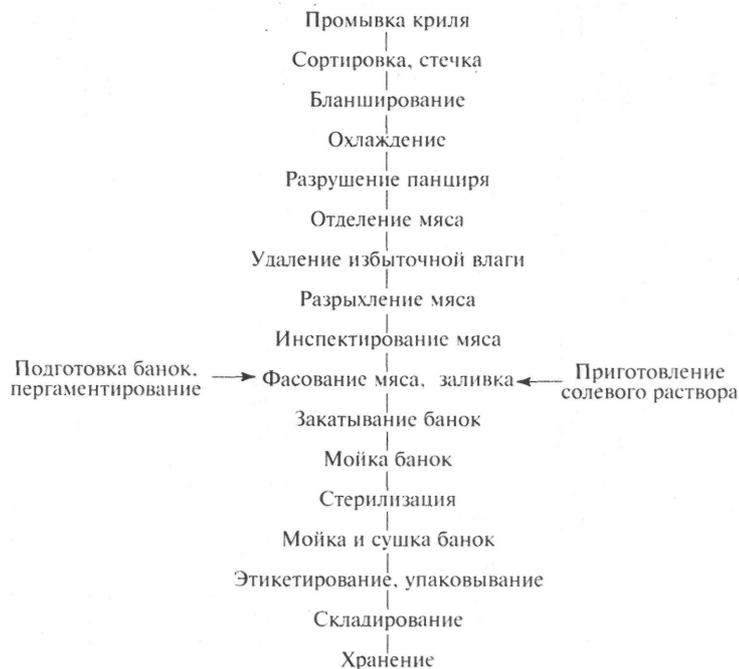
Консервы "Мясо антарктической креветки (крыля) натуральное" в 100 г продукта содержат:

- белка — 19 г;
- жира — 1 г;
- углеводов — 3 г.

Калорийность консервов составляет 97 ккал.

5.3.2. Консервы из мяса крыля, получаемые на линии НЗ-ИЛ2Б

Процесс получения консервов на линии НЗ-ИЛ2Б включает операции в следующей последовательности:



В соответствии с технологической схемой криль-сырец промывают в интенсивном потоке подогретой до 40—45 °С морской воды для удаления сока, выделившегося в процессе его хранения и транспортирования. Морскую воду подают на инспекционный транспортер в несколько мест и на лоток, направляющий криль в бланширователь. Допускается повторное использование морской воды из бланширователя. Воду предварительно отстаивают и фильтруют.

Сортировку криля осуществляют на сетчатом (или перфорированном ленточном) транспортере с целью удаления прилова и посторонних примесей, а также для отделения промывных вод.

Бланшируют криль в морской воде с температурой 65±5 °С в течение 60—120 с, при соотношении криля и воды не менее 1:3.

В процессе бланширования производят частичную замену воды в бланширователе. Полную замену воды в бланширователе производят не реже двух раз в смену.

Бланшированный криль охлаждают морской водой до температуры внутри слоя криля не выше 30 °С.

Разрушение панциря производят в шелушительном устройстве в потоке воды при соотношении криля и воды не менее 1:1, соблюдая при этом равномерную загрузку криля в шелушительные машины.

Дополнительное шелушение криля проводят в эжекторе при давлении воды не менее 7 кгс/см².

Отделение мяса от основной части панциря и глаз осуществляют в сепараторах и гидроциклонах в потоке морской воды. Окончательное отделение мелких включений панциря и глаз производят в отделителе мелких включений при скорости вращения барабана 14—20 об/мин и подаче морской воды давлением 6—7 кгс/см².

Общая продолжительность контакта мяса с морской водой не должна превышать 4 мин.

На конечном этапе чистое мясо ополаскивают пресной водой из душирующего устройства. Расход пресной воды 1000 л/ч при продолжительности контакта мяса с водой 2—3 с.

Допускается ополаскивание мяса пресной водой с температурой не выше 60 °С с целью более полного удаления остатков морской воды и избыточной влаги при последующем центрифугировании.

Массовая доля влаги в полуфабрикате должна быть в пределах 75—78 %, массовая доля поваренной соли 1,3—1,5 %. Перед подачей на инспекционный транспортер мясо разрыхляют.

Инспектирование мяса производят на ленточном транспортере, при этом удаляют посторонние примеси, глаза, а также экземпляры криля с наличием целого или частично разрушенного панциря. Для удаления мелких частиц панциря допускается обдув мяса воздухом. Массовая доля панциря в мясе должна быть не более 0,1 %.

Банки для консервов промывают пресной водой не ниже 60 °С и прошпаривают острым паром.

Для приготовления солевого раствора используют пресную воду. Солевой раствор концентрацией 5–7 % кипятят, фильтруют и охлаждают до температуры не выше 20 °С. Мясо криля фасуют в подготовленные банки и заливают солевым раствором (табл. 71).

Таблица 7 1

Норма закладки мяса в банки (г на физическую банку)

Наименование консервов	Номер банки	Масса нетто, г	Закладка компонентов	
			Мясо	Раствор соли
Мясо антарктической креветки (криля) натуральное	1	105	100	5

Наполненные банки закатывают на вакуум-закаточной машине при величине вакуума в камере закаточной машины 400–600 мм рт.ст. в режиме номинальной производительности, что обеспечивает вакуум в банках 170–250 мм рт. ст.

Продолжительность цикла приготовления консервов с момента начала выливки криля из трала до стерилизации консервов должна быть не более 3–4 ч. Задержка закатанных банок до стерилизации не должна превышать 30 мин.

Закатанные банки моют от поверхностных загрязнений и остатков продукта горячей пресной водой не ниже 80 °С, давлением не менее 3 кгс/см².

Консервы "Мясо антарктической креветки (криля) натуральное", вырабатываемые на линии НЗ-ИЛ2Б упаковывают, маркируют и транспортируют в соответствии с требованиями ГОСТа.

Накопленный за все годы материал по результатам длительного хранения консервов, полученных при различных режимах стерилизации, свидетельствует о том, что консервы выдерживают хранение в течение двух лет без ухудшения качественных показателей.

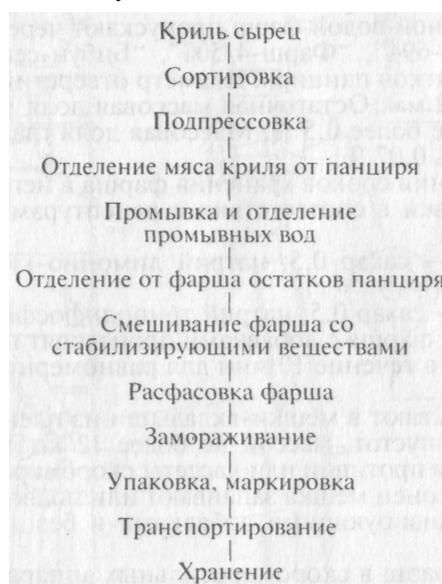
Натуральные консервы из мяса криля являются ценным источником белков и минеральных веществ. Отмечено высокое содержание йода, натрия, калия, магния и других макро- и микроэлементов, а также витаминов группы В (В₁ и В₂).

5.4. ТЕХНОЛОГИЯ ФАРША КРИЛЯ

Одним из перспективных направлений пищевого использования криля является получение сыромороженого фарша с высоким выходом при полном удалении внутренностей и минимальном содержании в продукте остатков панциря и глаз. Промышленное воплощение получила технология фарша, разработанная АтлантНИРО и ВНИРО.

5.4.1. Технологическая схема производства фарша из криля, разработанная АтлантМИРО

Предложенная АтлантНИРО и апробированная промышленностью технологическая схема производства сыромороженого фарша из криля включает следующие основные этапы процесса:



Для приготовления сыромороженого фарша антарктической креветки используют криль-сырец продолжительностью траления не более 1 ч, наполнение трала — не более 8 т. Предельно допустимое время хранения сырья с момента вылова до направления в обработку не более 4 ч при температуре окружающего воздуха не выше 7 °С. Высота слоя криля-сырца в бункере-дозаторе не более 1 м,

От криля-сырца отсортировывают посторонние примеси и прилов (медузы, рыба), после чего криль подпрессовывают на шнековом прессе. Карапакс головогруды должен быть полностью разрушен.

Подпрессованный криль пропускают через сепараторы типа неопресс ("Баадер-694", "Фарш-4/500", "Бибун-сепаратор" и др.) с шаметром отверстий рабочего барабана от 4 до 5 мм.

Полученный фарш тщательно промывают в барабане сепаратора морской водой с температурой не выше 5 °С при соотношении фарша и воды 1:6 до полного удаления остатков содержимого головогруды и разрушения глаз.

Промывную воду отделяют от фарша на вибросите с рабочим полотном из сетки-семянки ячейей 2 x 2 мм.

Промытый фарш ополаскивают пресной водой с температурой не выше 15 °С при соотношении фарша и воды 3:1 и пропускают через центрифугу непрерывного действия Н10-ИЦН-1 со скоростью вращения контейнера от 700 до 800 об/мин для отделения влаги.

Массовая доля влаги в фарше после центрифугирования должна быть не более 82 %, поваренной соли — не более 1,5 %.

Промытый пресной водой фарш пропускают через машины типа неопресс ("Баадер-694", "Фарш-4/500", "Бибун-сепаратор" и др.) для отделения остатков панциря. Диаметр отверстий рабочих барабанов от 1,0 до 1,2 мм. Остаточная массовая доля панциря в фарше должна быть не более 0,5 %. Массовая доля глаз в продукте не должна превышать 0,07 %.

С целью удлинения сроков хранения фарша в него вносят стабилизирующие добавки в соответствии с рецептурами (в % к массе фарша):

рецептура №1 — сахар 0,5; натрий лимонно-кислый двузамещенный 1,0 ;

рецептура №2 — сахар 0,5; натрий триполифосфат 0,3.

Перемешивание фарша с добавками производят на перемешивающих устройствах в течение 10 мин для равномерного распределения добавок.

Фарш расфасовывают в мешки-вкладыши из пленочных материалов, не допуская пустот, массой не более 12 кг. Расфасованный фарш укладывают в противни или кассеты скороморозильных аппаратов, свободный конец мешка запаивают или подворачивают вниз.

Фарш со стабилизирующими добавками и без добавок фасуют отдельно.

Замораживают фарш в скороморозильных аппаратах при температуре воздуха не выше минус 35 °С. Продолжительность замораживания от 5 до 6 ч. Температура в толще блоков фарша при выгрузке из морозильных камер должна быть не выше минус 18 °С.

Распиловку крупных блоков фарша на брикеты массой не более 0,5 кг производят механическим способом, не допуская размораживания.

Блоки фарша, замороженные в мешках-вкладышах, упаковывают в ящики из гофрированного картона с предельной массой продукта не более 40 кг.

Брикеты фарша, приготовленные методом распиловки крупных блоков, упаковывают в картонные пачки с вкладышами из полиэтилена или целлофана.

Сыромороженный фарш криля хранят при температуре, не превышающей минус 18 °С. Срок хранения фарша со дня изготовления:

- со стабилизирующими добавками — 9 мес;
- без стабилизирующих добавок — 7 мес.

На основании полученных результатов исследования была разработана линия по производству сыромороженого фарша криля Н26-ИПЗ, аппаратная схема которой представлена на рис. 23.

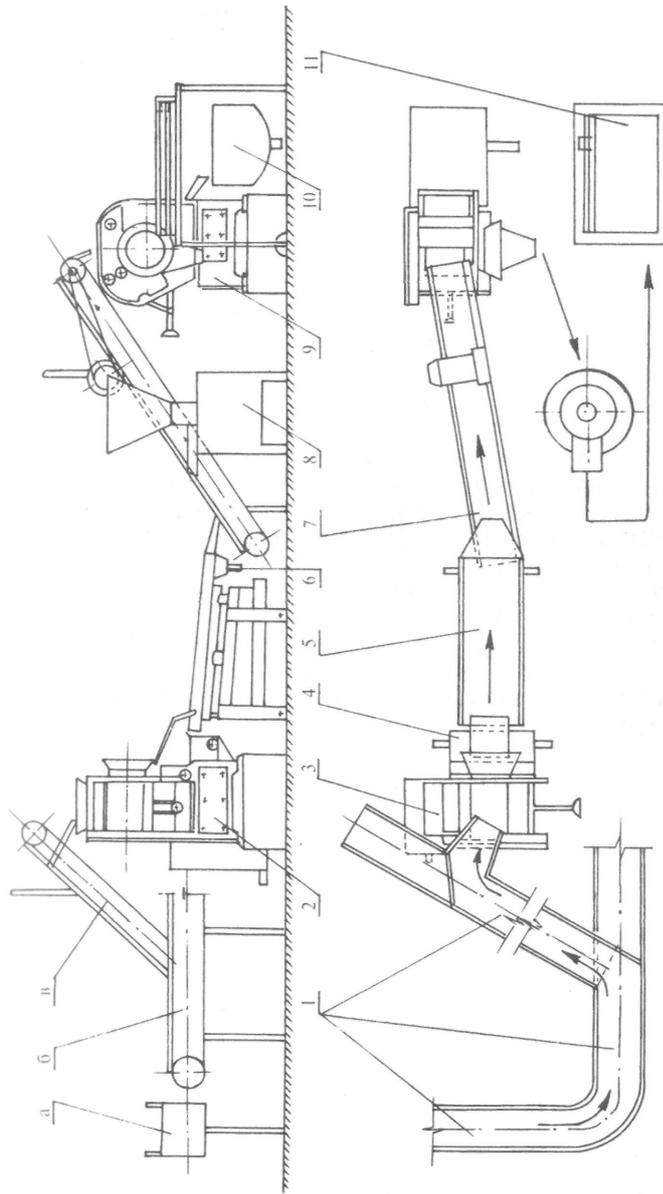


Рис. 23. Схема размещения технологического оборудования по производству фарша из криля:
 1 — транспортеры подачи сырья; а — из бункера, б — горизонтальный; в — наклонный; 2 — сепаратор 1-й ступени;
 3, 10 — емкость для отвода панширя; 4 — емкость для сбора промывных вод; 5 — вибродатчик; 6 — ванночка для отвода
 сока криля; 7 — передающий транспортер; 8 — колдильная мельница; 9 — сепаратор 2-й ступени; 11 — весы

Влияние стабилизирующих добавок на свойства фарша в процессе холодильного хранения

Таблица 72

Длительность хранения фарша, мес.	Содержание белков, %		Влагоудерживающая способность (ВУС), %	Вязкость, н·с/м ² ×10 ⁻¹
	Водорастворимые	Солерастворимые		
<i>Без стабилизирующих добавок</i>				
0	6,82	2,68	77,3	4,07
6	4,13	1,76	58,4	2,88
8	2,34	0,98	45,3	1,05
<i>Со стабилизирующими добавками (сахар 0,5 %, натрий лимоннокислый двузамещенный 1,0 %)</i>				
0	7,35	2,79	69,4	4,66
6	7,38	2,14	62,7	3,04
8	7,40	1,60	55,3	1,82

Приведенные в табл. 72 данные свидетельствуют о том, что добавление стабилизирующих веществ замедляет денатурационные изменения белков, обуславливает повышение влагоудерживающей способности фарша и его вязкостных характеристик.

При исследовании аминокислотного состава белков фарша установлено, что по количеству незаменимых аминокислот они близки к белку, принятому за эталон по стандартной шкале ФАО, а по содержанию фенилаланина и лизина даже значительно превышают стандартные количества этих аминокислот (табл. 73).

Полученные данные свидетельствуют о высокой пищевой ценности фарша из криля.

Химический скор аминокислот фарша из криля

Таблица 73

Аминокислоты	Содержание аминокислот					(J1/Jст)×100 %
	в белке фарша			в белке по стандартной шкале ФАО		
	% от белка	мг/1г азота белка	J1, %	мг/1г азота белка	Jст, %	
Лейцин+						
изолейцин	8,49	530	20,8	576	28,5	73,0
Фенилаланин	4,20	260	10,3	180	8,9	115,6
Метионин	2,41	147	5,8	144	7,1	81,7
Треонин	3,53	221	8,8	180	8,9	98,9
Валин	3,42	214	8,5	270	13,4	63,4
Лизин	9,30	588	23,3	270	13,4	174,0
Триптофан	0,83	52	2,1	90	4,4	48,0
Сумма незаменимых аминокислот	—	2525	100	2016	100	—

5.4.2. Технологическая схема производства фарша из криля, разработанная ВНИРО

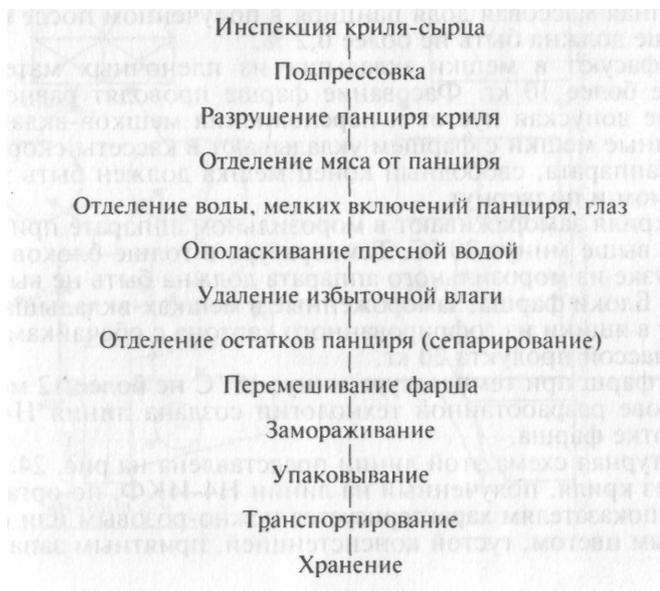
Специалистами ВНИРО совместно с ВНИЭКИПродмаш и СПОРП "Атлантика" разработано оборудование, обеспечивающее получение фарша криля с улучшенными качественными показателями (содержание панциря — менее 0,2 %).

Для этой цели были применены различные способы разрушения панциря и головогруды свежего криля:

- аэрошелушение;
- механическое шелушение при помощи щеточных машин;
- гидрошелушение.

Для реализации каждого способа разрушения панциря использовано различное оборудование, выполняющее функции согласно выбранной технологической схеме. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что отсутствует принципиальное различие в качественных характеристиках фарша. В этой связи предпочтение было отдано схеме, в которой задействовано малоэнергоёмкое оборудование. Этим требованиям отвечают щеточные шелушильные машины.

Данный способ приготовления фарша криля предусматривает использование криля-сырца продолжительностью траления не более 2 ч, наполнение трала не более 10 т. Поднятый на борт судна криль немедленно направляют на обработку для получения фарша по следующей технологической схеме:



Крыль-сырец из бункера-дозатора подают на инспекционный транспортер для удаления рыбы, медуз и других посторонних примесей.

После инспекции крыль подпрессовывают на винтовом прессе, при этом карапакс головогруды должен быть полностью разрушен.

Подпрессованный крыль подают в щеточную шелушительную машину для разрушения панциря. Шелушение проводят при зазоре между ротором и обечайкой 0,5–1,0 мм, скорости вращения ротора 500–700 об/мин.

Отделение панциря от мяса производят в разделителе в восходящем потоке морской воды. После разделения панцирьсодержащую фракцию направляют в рыбомучную установку (РМУ), а мясо транспортирующим эжектором подают на водоотделитель.

Отделение воды, мелких включений панциря, глаз проводят последовательно на водоотделителе и вибросите с размером ячеек сетки не более 3 мм.

Мясо на сетчатом транспортере с помощью душирующего устройства ополаскивают пресной водой комнатной температуры при соотношении мяса и воды 1:3.

- После ополаскивания от мяса отделяют избыточную влагу на центрифуге ИЦФ до массовой доли воды не более 82 %. Массовая доля соли в мясе не должна быть более 1,5 %.

Мясо после отделения избыточной влаги пропускают через пресс-сепаратор с диаметром отверстий решетки рабочего барабана не более 1,3 мм.

Остаточная массовая доля панциря в полученном после сепаратора фарше должна быть не более 0,2 %.

Фарш фасуют в мешки-вкладыши из пленочных материалов массой не более 10 кг. Фасование фарша проводят равномерно, плотно, не допуская пустот и переполнения мешков-вкладышей. Наполненные мешки с фаршем укладывают в кассеты скороморозильного аппарата, свободный конец мешка должен быть закреплен зажимом и подвернут.

Фарш крыля замораживают в морозильном аппарате при температуре не выше минус 30 °С. Температура в толще блоков фарша при выгрузке из морозильного аппарата должна быть не выше минус 18 °С. Блоки фарша, замороженные в мешках-вкладышах, упаковывают в ящики из гофрированного картона с обечайками, предельной массой продукта 30 кг.

Хранят фарш при температуре минус 18 °С не более 12 месяцев.

На основе разработанной технологии создана линия Н4-ИКФ по выработке фарша.

Аппаратурная схема этой линии представлена на рис. 24.

Фарш из крыля, полученный на линии Н4-ИКФ, по органолептическим показателям характеризуется нежно-розовым или светлорозалловым цветом, густой консистенцией, приятным запахом.

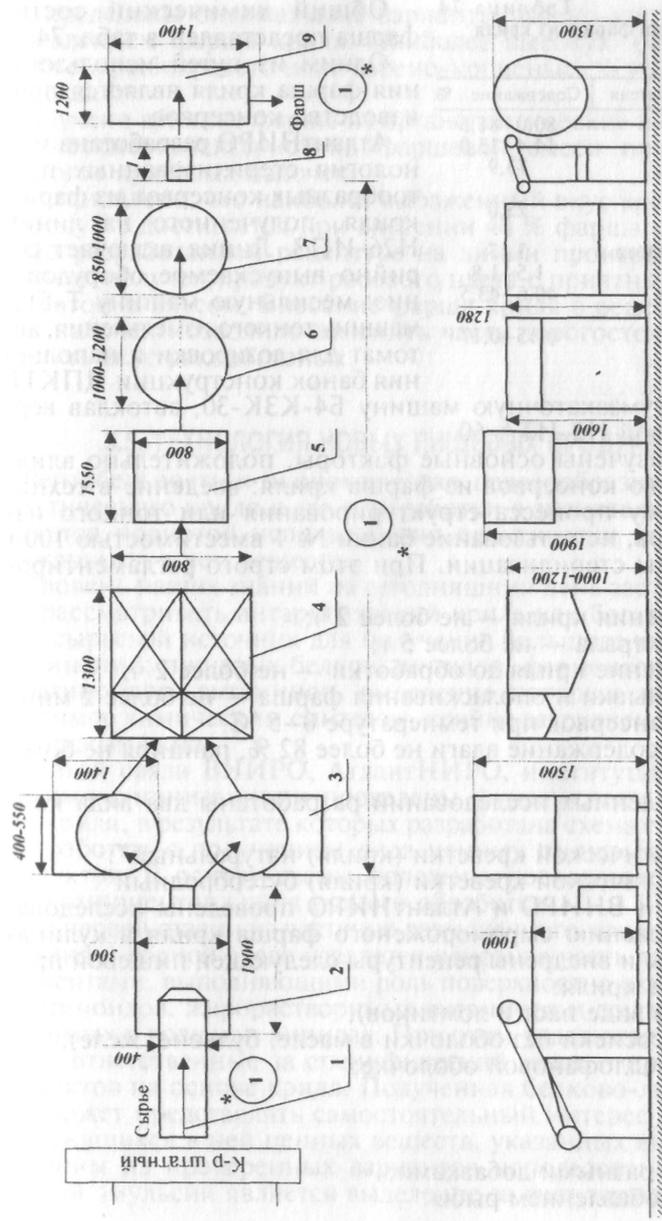


Рис. 24. Принципиальная схема производства сырого фарша из криля:

1 — транспортер полавный; 2 — подпрессовщик ИПП; 3 — машина шелушительная ИКП; 4 — разрыхлитель ИРК
 5 — водоотделитель ИВД; 6 — вибростол ЯШЛК; 7 — центрифуга ИЦФ; 8 — транспортер ленточный;
 9 — пресс-сепаратор ("Блбул" Япония); * — нахождение обслуживающего персонала

Таблица 74
Химический состав фарша из криля

Наименование показателя	Содержание, %
Влага	80,0–81,5
Белок	14,4–15,0
Растворимые белки, % от общего азота	73,9
Небелковый азот, % от общего азота	23,0
АЛО, % от общего азота	3,13
Липиды	1,5–1,8
Влагоудерживающая способность	40,6–43,5
Панцирь	0,15–0,17

Общий химический состав фарша представлен в табл. 74.

Одним из путей использования фарша криля является производство консервов.

АтлантНИРО разработана технология стерилизованных пастообразных консервов из фарша криля, полученного на линии Н26-ИПЗ. Линия включает серийно выпускаемое оборудование: месильную машину Т-512, машину тонкого измельчения, автомат для дозировки и наполнения банок конструкции ЦПКТБ

"Запрыба", вакуумзакаточную машину Б4-КЗК-30, автоклав вертикальный судовой Н2-ИТА-60.

Выявлены и изучены основные факторы, положительно влияющие на качество консервов из фарша криля: введение в технологическую схему процесса структурирования или тонкого измельчения фарша, использование банки № 1 вместимостью 100 г и мягкие режимы стерилизации. При этом строго регламентированы:

- режим траления криля — не более 2 ч;
- наполнение трала — не более 5 т;
- режим хранения криля до обработки — не более 2 ч;
- режим промывки и ополаскивания фарша — не более 2 мин;
- хранение консервов при температуре 0–5 °С;
- остаточное содержание влаги не более 82 %, панциря не более 0,2%.

В итоге проведенных исследований разработаны два вида консервов:

- "Фарш антарктической креветки (криля) натуральный";
- "Фарш антарктической креветки (криля) бутербродный".

Специалистами ВНИРО и АтлантНИРО проведены исследования по использованию сыромороженого фарша криля в кулинарии. Разработаны и внедрены рецептуры следующей пищевой продукции из фарша криля:

- пресервы (в виде паст и ломтиков);
- консервы (сосиски без оболочки в масле, бульоне, желе);
- сосиски в целлофановой оболочке;
- колбасы;
- купаты;
- палочки;
- пельмени с разными добавками;
- котлеты с добавлением рыбы.

Определены оптимальные варианты варено-копченых колбас с добавлением фарша криля. Наиболее высокую оценку получили колбасы рыбнокреветочные варено-копченые "Куршская", "Вильнюсская".

Изучено влияние фарша на органолептические и структурно-механические характеристики фаршевой смеси при производстве аналогов крабовых палочек.

Установлено, что наиболее выраженный вкус креветочного мяса в продукте достигается при внесении 40 % фарша криля.

По разработанной рецептуре на линии производства крабовых палочек получен продукт розового цвета с приятным креветочным ароматом и вкусом. Внесение фарша криля в рецептуру креветочных палочек позволило заменить часть дорогостоящего сурими и усилить вкус ракообразных.

5.5. ТЕХНОЛОГИЯ НОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ КРИЛЯ

Рентабельность и экономическая целесообразность вылова антарктического криля и его переработки в значительной мере определяется полнотой использования практически всех ценных, содержащихся в нем веществ.

Уровень наших знаний на сегодняшний день заставляет уже сейчас рассматривать антарктический криль как богатейший природный сырьевой источник для получения большого числа ценнейших соединений: пищевых белков, липидов, ферментов, аминокислот, каротиноидов, витаминов, выделение которых другими путями, например химическим синтезом, крайне затруднено или практически невозможно.

В этой связи ВНИРО, АтлантНИРО, институтами АН СССР и другими организациями проведены фундаментальные исследования криля, в результате которых разработана схема его комплексной переработки с получением ряда ценных пищевых и технических продуктов. В основу схемы положено последовательное извлечение компонентов криля при его обработке.

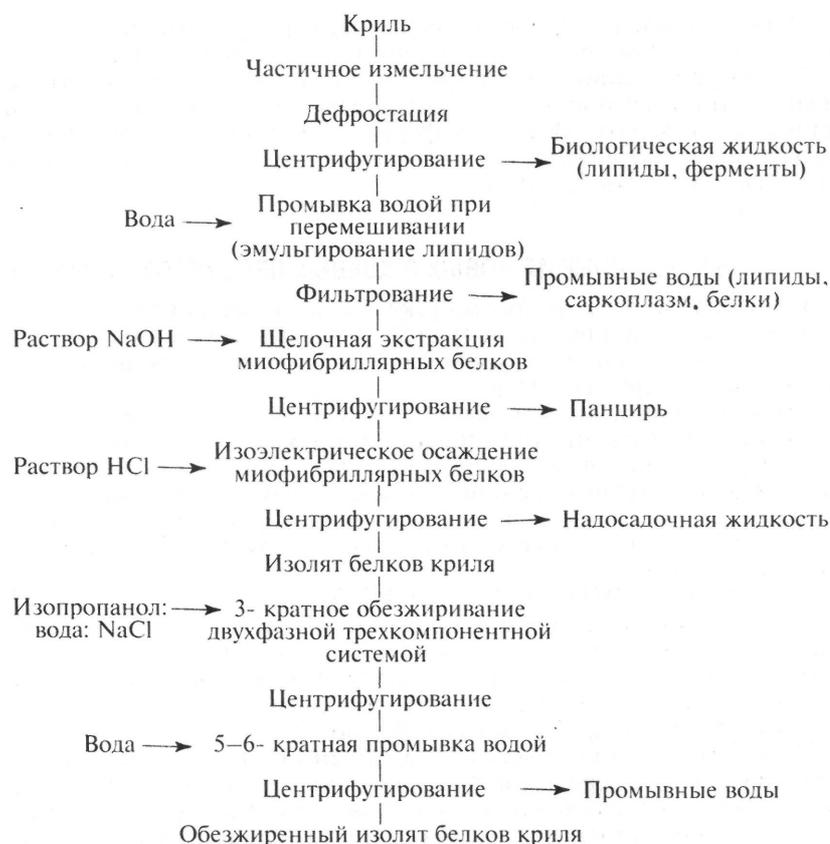
На первой стадии из частично разрушенного криля путем эмульгирования в водной среде удаляется основная часть липидов вместе с ферментами, выполняющими роль поверхностно активных веществ, каротиноидов, жирорастворимых витаминов и других веществ, растворимых в воде или липидах. При этом удаляются основные примеси, ответственные за специфический запах и привкус пищевых продуктов на основе криля. Полученная белково-липидная эмульсия может представлять самостоятельный интерес для извлечения содержащихся в ней ценных веществ, указанных выше.

Одним из проверенных вариантов использования белково-липидной эмульсии является выделение за счет терморегуляции бел-

ковой фракции и липидов, которые могут быть использованы для пищевых и технических целей.

После удаления белково-липидной фракции комплексная схема переработки криля предусматривает уже выделение изолированных миофибриллярных белков.

Схема комплексной переработки криля приведена ниже.



Как было указано выше, содержание белка в криле колеблется от 10,3 до 16,3 %. Примерно 30-35 % общего содержания белковых веществ криля приходится на долю водорастворимых, которые необходимо удалять для обеспечения стабильности хранения сухих изолятов. Таким образом, в виде изолятов может быть использовано 6-7 % белков от массы свежего криля.

Замораживание и последующее хранение криля снижает долю миофибриллярных белков, являющихся основой для получения изолятов. Одновременно увеличивается содержание азота саркоплазматических белков (табл. 75).

Подобные изменения связаны с проявлением ферментативной активности криля и гидролитическими процессами расщепления азотистых веществ.

Таблица 75
Характеристика свежего и мороженого криля, хранившегося до четырех месяцев

Наименование образца	рН	Содержание, %					
		общего азота	небелкового азота	саркоплазматических белков		миофибриллярных белков	
				Сумма	% к общ.	Сумма	% к общ.
Криль свежий	7,3	2,5	0,6	1,1	43,4	0,8	31,2
Криль, хранение 1 мес.	7,6	2,5	1,1	1,2	48,6	0,7	25,3
Криль, хранение 4 мес.	7,7	2,5	1,4	1,9	75,0	0,6	21,8

Наиболее приемлемый и апробированный способ получения изолятов включает следующие операции.

После удаления из измельченного криля белково-липидной фракции путем эмульгирования в водной среде основная часть миофибриллярных белков осаждается щелочной экстракцией 1 %-ным раствором гидроокиси натрия с последующим подкислением соляной кислотой до рН 4,5—4,8.

Следует при этом отметить, что при обработке мороженого криля концентрация гидроокиси натрия может быть уменьшена до 0,25 %. Указанные колебания концентрации щелочи в пределах 0,25—1,0 % не оказывают существенного влияния на функциональные свойства получаемых изолятов.

Плотный осадок после отделения надосадочной жидкости, представляющий собой изолят белков криля, подвергают 3-кратному обезжириванию двухфазной трехкомпонентной системой — изо-пропанол : вода : хлористый натрий. Обезжиренный изолят отделяют путем центрифугирования от растворителя и промывают водой.

В итоге подобной обработки обеспечивается возможность получения двух типов изолятов — необезжиренного и обезжиренного.

Последующая сублимационная или вакуумная сушка гарантирует остаточное содержание влаги в готовом продукте 4—6 %.

Получаемый изолированный белок криля, особенно обезжиренный, представляет собой порошок, без выраженного вкуса и запаха, от светло-розового до белого или сероватого цвета.

Выход обезжиренного изолята 6,5–6,7 % от сырья, содержание влаги — 4,5 %, жира — 0,2 %, белка — 94,2 %, золы — 1,1 %.

Максимальный выход белковых изолятов удается получить при обработке свежего криля (на 2,0–2,5 % выше по сравнению с мороженым крилем).

В этой связи длительность хранения мороженого криля, используемого для производства изолятов, следует ограничить тремя-четырьмя месяцами при температуре не выше минус 20° — минус 18 °С.

Качество белковых изолятов в значительной степени определяется их аминокислотным составом и количественным соотношением отдельных аминокислот.

В табл. 76 приведены данные по аминокислотному составу изолятов, полученных из свежего криля.

Таблица 76

Аминокислотный состав свежего криля и белковых изолятов, г/100 г белка

Аминокислота	Эталон ФАО	Криль свежий	Белковый изолят
Глицин	—	5,2	1,9
Валин	4,2	5,2	2,9
Аланин	—	5,8	7,3
Серин	—	2,7	8,8
Треонин	2,8	3,5	1,2
Лейцин	4,8	7,3	3,8
Изолейцин	4,2	5,3	3,0
Пролин	—	4,9	4,5
Лизин	4,2	7,3	15,2
Метионин	2,2	2,6	7,3
Аспарагиновая кислота	—	9,9	19,6
Глутаминовая кислота	—	12,2	6,4
Гистидин	—	1,7	4,7
Аргинин	—	6,2	5,0
Тирозин	—	3,1	2,9
Фенилаланин	2,8	4,1	6,4
Цистеин	—	—	0,5
Триптофан	1,0	0,7	0,5

Белковые изоляты по пищевой и биологической ценности не уступают свежему крилю и незначительно отличаются от эталонных образцов.

Полученные мышечные белки криля обладают исключительным комплексом функциональных свойств, обеспечивающих возможность их переработки простыми приемами в продукты питания, аналогичные мясопродуктам, колбасно-сосисочным изделиям, красной и черной белковой икре и др.

Медико-биологические исследования, проведенные Институтом питания АМН, показывают, что белки антарктического криля характеризуются высокой биологической ценностью, легко атакуют-

ся ферментами желудочно-кишечного тракта. По питательной ценности они существенно (на 30 %) превосходят молочный казеин и не уступают в этом отношении яичному альбумину.

Аминокислотный состав полученных белков обеспечивает возможность резкого повышения биологической ценности растительных и других белков при их совместном использовании. В этой связи белки криля занимают ключевое положение во всей проблеме белкового питания.

Возможность легкого удаления остаточных липидов из белков криля дополнительной экстракцией этиловым спиртом позволяет получать белки криля в сухом состоянии, которые могут храниться длительное время без потери питательных и функциональных свойств. Эти особенности весьма важны при создании запасов пищевых веществ, которые могут быстро, в случае необходимости, превращаться в приемлемые для обычного питания пищевые продукты.

5.5.1. ПРОДУКЦИЯ НА ОСНОВЕ БЕЛКОВЫХ ИЗОЛЯТОВ КРИЛЯ

Пищевое использование изолятов криля предполагает наличие у них целого комплекса функциональных свойств и отсутствие специфического запаха.

Для решения проблемы пищевого использования крилевых белковых изолятов изучена способность изолированных белков формироваться и образовывать волокна. Из известных способов получения белковых волокон наиболее целесообразным представляется способ так называемого мокрого прядения, заключающийся в том, что водно-щелочной раствор белков при соответствующем давлении пропускают через фильеры в среду, вызывающую быструю коагуляцию белка, затем волокна промывают водой и используют для приготовления структурированного продукта.

Проведенные ВНИРО исследования по формированию волокон с помощью гидравлического пресса из изолированных белков криля свидетельствуют о том, что принципиально важным фактором в этом процессе является вязкость белковых растворов и подбор компонентов для коагуляции волокон. Оптимальные величины вязкости белковых растворов для формирования волокон составляют от 4000 до 7000 сПз. Из растворов с вязкостью ниже 4000 сПз формируются непрочные волокна, а увеличение вязкости выше 7000 сПз приводит к усложнению технологического процесса формирования волокна — при экструзии таких вязких растворов необходимо давление более 90 атм.

При оценке качества волокон по степени их набухания в осадительном (коагуляционном) растворе и при последующей их промывке в воде установлено, что оптимальным раствором для коагуляции волокон из белков криля является раствор, содержащий поваренную соль, уксусную кислоту и соли кальция. Это подтверждено и

данными изучения структуры волокон методом электронной микроскопии.

Поскольку известно, что воздействие на белки таких факторов, как щелочная, кислотная или ферментативная обработки, может вызвать рацемизацию или разрушение аминокислот, а также другие нежелательные изменения белков.

ВНИРО совместно с Институтом питания АМН СССР проведены медико-биологические испытания белковых волокон из криля в остром и хроническом экспериментах.

В результате проведенных экспериментов выявлена высокая биологическая ценность волокон из криля.

Одним из направлений использования белковых волокон является создание структурированных продуктов — аналогов натуральных. Технология приготовления структурированных продуктов на основе белковых волокон заключается в смешивании их со связующей массой, ароматизаторами, красителями и другими пищевыми добавками. Изменяя состав и соотношение компонентов, можно получать изделия, имитирующие различные виды традиционных продуктов питания (филе деликатесных рыб, мясо говядины, свинины, икру лососевых рыб). Пищевую ценность и органолептические показатели можно варьировать путем изменения соотношения компонентов, входящих в их состав.

Вторым направлением использования белковых волокон является применение их в качестве частичной замены мяса в рецептуре мясных вареных колбас [38].

Таблица 77
Химический состав контрольной и опытных партий колбас, %

Образцы колбас	Влага	Липиды	Белок	Зола
Контроль	73,5	6,5	15,5	2,3
Замена 10 %	73,8	6,6	17,1	2,2
Замена 15 %	73,4	6,7	17,7	2,2
Замена 20 %	73,3	6,8	17,8	2,2

В рецептуру колбас вводили белковые волокна в количестве 10, 15 и 20 %.

В табл. 77 представлены данные химического состава контрольной и опытных партий колбас с заменой части мяса белковыми волокнами.

Важным показателем качества пищевых продуктов, помимо общего химического состава, является их биологическая ценность.

Аминокислотный состав контрольной и опытных образцов колбас представлен в табл. 78. Для сопоставления приведен аминокислотный состав волокон из белков криля, а также литературные данные по аминокислотному составу говядины.

Из табл. 78 видно, что аминокислотный состав белковых волокон из криля близок говядине. Введение в рецептуру колбас 20 % волокон незначительно изменяет аминокислотный состав готовых колбас по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 78

Аминокислотный состав колбас, волокон из криля и говядины, г на 100 г

Аминокислота	% замены мяса волокнами в рецептуре колбас				Волокна из криля	Говядина
	контроль	10	15	20		
Аспарагиновая	9,0	7,9	8,6	9,0	13,5	8,8
Треонин	4,4	3,9	4,3	7,4	5,2	4,0
Серии	4,2	3,6	3,9	4,2	5,3	3,8
Глютаминовая	14,0	9,9	10,8	12,2	16,4	14,4
Пролин	4,4	3,2	4,4	5,7	3,4	5,4
Глицин	4,8	4,2	4,5	4,4	4,7	7,1
Аланин	1,8	5,4	5,8	6,0	6,7	6,4
Цистин	следы	следы	следы	следы	следы	1,4
Валин	4,6	4,1	4,3	4,5	4,5	5,7
Метионин	2,3	2,1	2,3	2,4	2,6	2,3
Изолейцин	4,1	3,8	4,2	4,2	4,8	5,1
Лейцин	7,8	7,1	7,5	7,7	9,0	8,4
Тирозин	3,0	2,9	3,2	2,9	3,4	3,2
Фенилаланин	3,7	3,5	3,4	3,6	5,2	4,0
Лизин	9,4	9,0	9,4	9,8	9,7	8,4
Гистидин	3,9	3,6	3,5	3,2	2,5	2,9
Аргинин	15,3	17,3	15,9	15,7	3,8	6,6

При органолептической оценке колбас отмечено, что по внешнему виду, цвету, консистенции, вкусу и запаху опытные образцы не отличаются от контрольного и не имеют рыбного запаха и вкуса.

В итоге проведенных исследований показано, что пищевые волокна из дезодорированных белков криля могут быть использованы в технологии производства вареных колбас для частичной замены мяса (до 20 %). Введение волокон не оказывает отрицательного влияния на выход готового продукта, его химический состав, пищевую и биологическую ценность, а также на органолептическую характеристику колбасных изделий,

5.5.2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КАРОТИНОИДОВ КРИЛЯ

Каротиноиды криля являются составной частью липидов ракообразных и обуславливают их розовую или красную окраску.

Каротиноиды криля образуют комплексы с тремя группами липидов:

- фосфолипидами;
- стеринами;
- свободными жирными кислотами.

В липидных вытяжках из криля были определены следующие каротиноиды: астаксантин, эфир астаксантина, В-каротин, крип-

токсантин, астацин и другие, основным из которых является астаксантин. Присутствие астаксантина в криле имеет большое практическое значение при решении вопросов его использования.

Из целого криля или отходов от его переработки разработано несколько способов выделения каротиноидов:

- отходы высушивают в камере с принудительной подачей подогретого до 45 °С воздуха, остаточное содержание влаги не более 5 %. Далее проводят экстракцию каротиноидов ацетоном, полученный экстракт смешивают с этиловым спиртом;
- каротиноиды экстрагируют вместе с липидами с использованием смеси полярного и неполярного растворителей (метанол:хлороформ 2:1), разрушающей комплексы с белковыми компонентами.

Более простым и технологичным способом выделения каротиноидов из криля является экстракция их растительным маслом (подсолнечным, кукурузным, соевым и др.)

Наибольшее содержание каротиноидов сосредоточено в подпанцирной пленке и глазах криля. Предпочтительно получать экстракт каротиноидов криля из глазодержащей фракции. Глазодержащую фракцию возможно выделить в процессе получения вареного или бланшированного мяса криля в составе панцирьсодержащих отходов и последующего их фракционирования.

Заготавливают глазодержащую фракцию, так же как и целый криль, в мороженом виде.

Зависимость содержания каротиноидов от количества глаз в глазодержащей фракции отходов криля (соотношении глазодержащей фракции и масла 1:1) от времени и температуры экстракции представлена в табл. 79.

Таблица 79

Зависимость содержания каротиноидов от количества глаз в глазодержащей фракции, времени и температуры экстракции

Содержание глаз в глазодержащей фракции, %	Содержание каротиноидов в измельченной массе, мг %	Время экстракции, ч	Температура экстракции °С	Содержание каротиноидов в масле, мг %
15	32,2	1	20	21,5
30	51,8	2	40	61,7
40	63,5	3	50	81,7
50	98,1	4	60	84,2
60	139,4	4	80	85,4

Результаты проведенных ВНИРО исследований свидетельствуют о том, что для обеспечения эффективной экстракции каротиноидов содержание глаз в глазодержащей фракции должно быть не менее 50 %. Экстракция каротиноидов в масло интенсивно проте-

кает в первые три часа, последующее увеличение времени экстракции практически не оказывает влияния на содержание каротиноидов в масле. Повышение температуры экстракции также оказывает влияние на степень извлечения каротиноидов из исходного сырья.

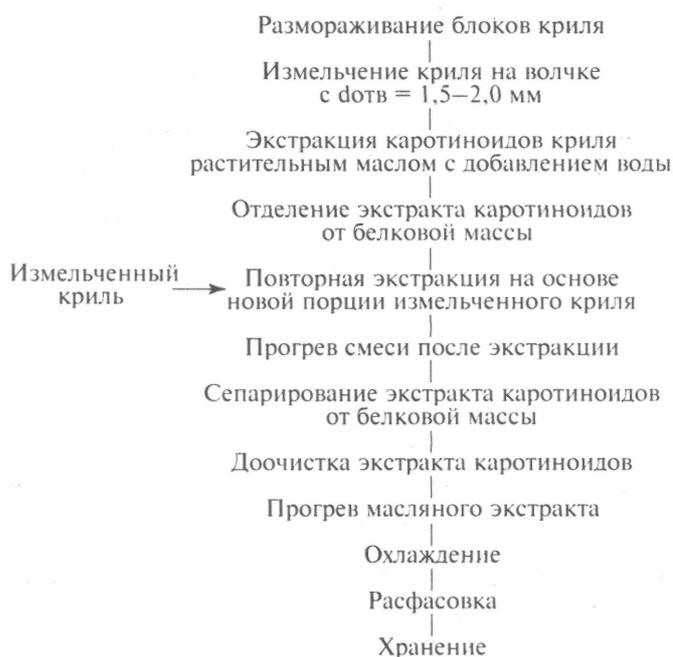
Оптимальными параметрами процесса экстракции каротиноидов являются: соотношение глаз и масла 3:1; температура 45–50 °С; продолжительность процесса 3 ч.

Содержание каротиноидов в глазсодержащей фракции криля также в значительной степени обусловлено длительностью ее холодильного хранения: содержание каротиноидов, выделенных из мороженых глаз криля и хранившихся в течение 6 мес, составляет 2,4–2,9 %, а хранившихся в течение года — 0,8 %.

Разработаны две технологические схемы извлечения каротиноидов в виде масляного экстракта из целого криля и глазсодержащей фракции отходов.

Размороженные блоки криля измельчают на волчке с диаметром отверстий 1,5–2,0 мм. Измельченную массу криля помещают в реактор, смешивают с растительным маслом и водой в соотношении

Технологическая схема выделения каротиноидов из целого криля



криль : масло : вода (3:1:1) и при постоянном перемешивании проводят экстракцию при температуре 45–50 °С в течение 3 ч.

По истечении указанного времени путем центрифугирования отделяют масляный экстракт от белковой массы.

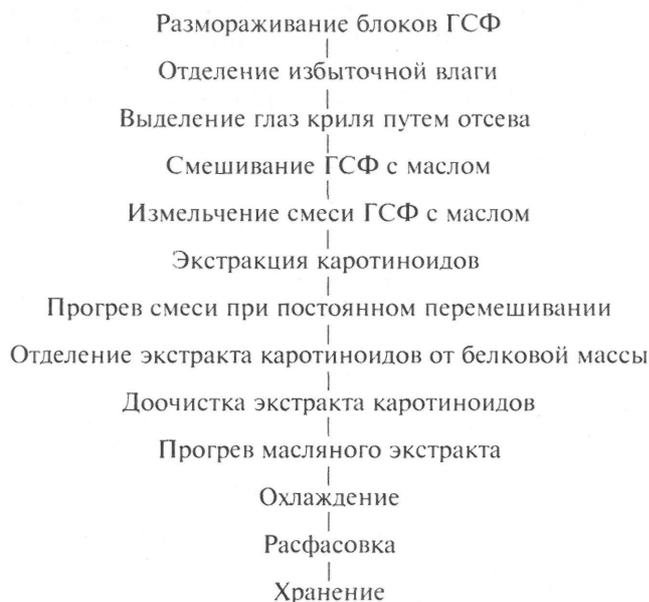
Далее проводят повторную экстракцию по указанному выше режиму с новой порцией измельченного криля при температуре 95 °С.

Отделенный путем сепарирования от белковой массы масляный экстракт доочищают от остатков белка и воды центрифугированием.

Полученный экстракт каротиноидов прогревают в реакторе при температуре 95–100 °С в течение 5 мин, затем охлаждают до температуры 25 °С.

Содержание каротиноидов в масляном экстракте должно быть не менее 70 мг%.

Технологическая схема выделения каротиноидов из глазодержащей фракции отходов криля (ГСФ)



Технологический процесс выделения каротиноидов из глазодержащей фракции отходов криля включает следующие операции.

Мороженые блоки глазодержащей фракции криля размораживают на воздухе до температуры не выше 2–4 °С.

Путем центрифугирования отделяют избыточную влагу до остаточного ее содержания не выше 65 %.

Повышение концентрации глаз в глазодержащей фракции до 50 % проводят путем просеивания ее на ситах с диаметром отверстий 3 мм.

Глазодержащую фракцию криля перед измельчением смешивают с растительным маслом в соотношении 3:1. Смесь пропускают через волчок с диаметром отверстий решетки 1—1,5 мм.

Измельченную массу глаз загружают в экстрактор с мешалкой, добавляют воду в соотношении 1:1, нагревают при температуре 45—50 °С при постоянном перемешивании в течение 3 ч.

Полученную после экстракции смесь прогревают до температуры 95 °С в течение 5 мин при перемешивании.

Отделение экстракта каротиноидов криля от белковой массы производят на сепараторе, а доочищают от остатков белка и воды путем центрифугирования.

Полученный масляный экстракт каротиноидов снова прогревают до температуры 95—100 °С в течение 5 мин и затем охлаждают до температуры не выше 25 °С.

Расфасовывают экстракт каротиноидов в бутылки стеклянные, бочки полиэтиленовые. Хранят экстракт в темном помещении при температуре не выше 10 °С не более одного года.

Используют экстракт каротиноидов криля в качестве натурального красителя пищевых продуктов (при производстве икры белковой красной и аналогов мяса лососевых рыб), а также как витаминную добавку.

Жом, остающийся после извлечения из криля или глазодержащей фракции каротиноидов, целесообразно использовать в рыбодовстве в качестве кормовой добавки.

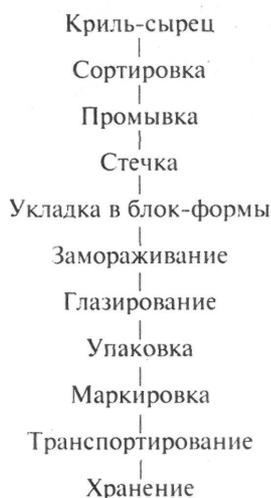
6. ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВЫХ ПРОДУКТОВ

Как указывалось выше, на первом этапе освоения промысла криля кормовое направление преобладало, что объяснялось прежде всего тем, что реализация научных рекомендаций при производстве кормовых продуктов осуществлялась на имеющихся в промышленности рыбомучных установках и холодильном оборудовании.

Промышленный выпуск кормовой продукции начался с производства сыромороженого и варено-мороженого криля. Дальнейшее увеличение объема вылова криля, завершение биологических испытаний кормовых продуктов в пушном звероводстве, свиноводстве, птицеводстве обусловили необходимость расширения ассортимента вырабатываемой продукции — кормовой муки различных модификаций, кормов химического консервирования, белково-минеральных добавок.

6.1. СЫРОМОРОЖЕННЫЙ И ВАРЕНО-МОРОЖЕННЫЙ КРИЛЬ

Производство сыромороженого криля включает следующие этапы технологического процесса:



Криль-сырец заготавливают на промысловых судах при продолжительности траления не более 1,5 ч и количестве криля в трале не более 10 т. Время хранения сырья на палубе судна с момента вылова

не должна превышать 6 ч при температуре не выше 5–7 °С, высота слоя криля не более 1 м.

Перед направлением в обработку от криля отсортировывают прилов и посторонние включения.

Промывают криль забортной морской водой, затем удаляют избыточную влагу путем стечки. Замораживают криль в блок-формах сухим искусственным способом при температуре не выше минус 30 °С.

Температура в толще блока при выгрузке из морозильных камер не должна быть выше минус 18 °С.

Блоки мороженого криля глазируют в специальных глазуровочных аппаратах или ваннах в чистой пресной воде температурой 1–3 °С.

Блоки сыромороженого криля упаковывают в ящики из гофрированного картона вместимостью не более 40 кг.

На береговых или распределительных холодильниках хранят мороженую продукцию при температуре не выше минус 18 °С, длительность хранения не более 6 мес.

Химический состав сыромороженого криля, содержание в %:

- влаги 77,1–80,7;
- липидов 4,4–5,8;
- белка (без учета азота хитина) 11,3–13,1;
- золы 2,7–3,2;
- хитина 0,9.

Биологические испытания сыромороженого криля в рационе племенных норок свидетельствовали о том, что его добавка в корм животным в количестве 23–26 % от перевариваемого животного протеина положительно сказывается на их воспроизводстве.

Внесение сыромороженого криля в качестве добавки при кормлении свиней увеличивает среднесуточный привес животных на 12,5 %.

Последующее снижение объемов выпуска сыромороженого криля связано с ограниченными сроками его хранения и необходимостью создания непрерывной холодильной цепи и низких температур хранения (минус 18 °С).

В этой связи взамен выпуска сыромороженого криля промышленностью освоено производство варено-мороженого продукта.

Технологическая схема производства варено-мороженого криля представлена ниже.

Начальные этапы производства варено-мороженого и сыромороженого криля аналогичны.

Различия в процессе начинаются с этапа варки.

Варку криля проводят в варильнике-коагуляторе в морской воде глухим или острым паром при температуре 98–100 °С. Продолжительность варки от 3 до 5 мин от момента закипания воды.

Вареный криль охлаждают чистой морской водой до температуры не выше 30 °С, выдерживают 20–30 мин для стечки в специальных противнях с перфорированным дном.

Технологическая схема производства варено-мороженого криля



Далее следуют операции по укладке вареного криля в блок-формы, замораживанию, глазированию, упаковке, маркировке, транспортированию и хранению.

Срок хранения варено-мороженого криля — 12 мес. при температуре минус 18 °С.

Результаты исследований, проведенных ВНИРО по сравнительной оценке качественных показателей сыро- и варено-мороженого кормового криля в процессе их хранения приведены в табл. 80.

Таблица 80
Изменение химического состава сыро- и варено-мороженого криля при хранении, %

Вид обработки	Сроки хранения, мес.	Влага	Липиды	Азотист. вещества*	Минер. вещества	Хитин
Сыромороженный криль	3	80,7	6,7	11,3	2,8	0,90
	4	77,1	5,8	13,1	3,3	0,94
	6	76,8	4,4	13,4	3,1	0,88
Варено-мороженный криль	0	79,2	5,7	12,6	3,0	0,87
	4	78,4	5,8	11,6	2,9	0,87
	8	77,1	5,8	12,5	2,9	0,90
	12	75,7	5,2	11,4	2,3	0,90

*Без учета азота хитина.

Данные, представленные в табл. 80, свидетельствуют о том, что в процессе длительного холодильного хранения криля наблюдается некоторое снижение его влажности, а содержание азотистых, минеральных веществ, липидов и хитина практически не изменялось как у сыро-, так и варено-мороженого криля.

Вместе с тем сыромороженный и варено-мороженный криль существенно отличались по содержанию белкового и небелкового азота, формольно-титруемых аминокрупп (табл. 81). Так, в варено-мороженом криле в 1,2 раза больше белкового и в 1,5–2,0 раза меньше небелкового азота в сравнении с сыромороженным; содержание азота формольно-титруемых аминокрупп и летучих оснований в сыромороженом криле было соответственно в 2–3 и 1,5–2,0 раза выше, чем в варено-мороженом.

Таблица 8 1
Изменение содержания азотистых веществ и качественных показателей липидов при хранении сыро- и варено-мороженого криля

Вид обработки криля	Срок хранения, мес.	Содержание азотистых веществ, %					Характеристика липидов		
		Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Формольно-титруемые аминокруппы	Летучие основания	Йодное число, % йода	Кислотное число, мгКОН/г	Содержание оксикислот, %
Сыромороженный криль	3	1.88	1.00	0.88	0.48	0.06	99,7	26,2	0.70
	4	2.09	1.34	0.75	0.61	0.07	106,5	63,5	0.97
	6	2.14	0.94	1.20	1.07	0.07	100,0	72,4	0.94
Варено-мороженный криль	0	1.86	1.46	0.40	0.10	0.02	120,9	16,8	0.60
	4	1.90	1.50	0.44	0.11	0.02	107,1	22,1	0.60
	8	2.00	1.54	0.46	0.12	0.04	103,3	31,4	0.75
	12	2.07	1.60	0.46	0.17	0.05	98,1	36,1	0.80

В процессе хранения сыромороженого криля наблюдались довольно интенсивный распад белковых веществ и нарастание небелковых форм азота за счет дальнейшего роста свободных аминокрупп и летучих оснований.

В варено-мороженом криле при больших сроках хранения соотношение белковых и небелковых форм азотистых веществ не изменялось.

Липиды сыромороженого криля (см. табл. 81) характеризовались более низкими качественными показателями по сравнению с липидами варено-мороженого криля.

Окислительные процессы в липидах сыромороженого криля при хранении происходили более интенсивно, чем в липидах варено-мороженого криля.

Итоги проведенных исследований свидетельствовали о том, что варено-мороженый криль сохранял свои качественные показатели в течение более длительных сроков хранения (12 мес. при температуре минус 18 °С), чем сыромороженный (6 мес).

Результаты биологических испытаний на животных выявили предпочтительность использования варено-мороженого криля в сравнении с сыромороженным.

6.2. КОРМА ХИМИЧЕСКОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ

Влажные корма из сыромороженого криля, приготовленные посредством его измельчения и тщательного перемешивания в определенных пропорциях с химическими консервантами или их смесями, могут стать полноценной заменой традиционным рыбным кормам, а также расширить возможности использования сыромороженого криля в хозяйствах, не имеющих холодильных емкостей.

Технологический процесс приготовления кормов химического консервирования включает операции измельчения криля, перемешивания с консервантами и расфасовывания в тару.

Хранят продукцию при комнатной температуре.

В качестве консервантов использовались (в % к массе сырья):

- поваренная соль 10–20;
- пиросульфит натрия 1–2,5;
- муравьиная кислота 1–2,5;
- смесь низкомолекулярных жирных кислот фракции С1– С6 (НМЖК-6);
- смесь пиросульфита натрия с поваренной солью в соотношении 1:5.

Данные эффективности использования консервантов в кормах химического консервирования представлены в табл. 82.

Результаты исследований, приведенные в табл. 82, свидетельствуют о том, что вид консерванта влияет на свойства фарша и возможную продолжительность его хранения.

Сырой фарш, консервированный хлористым натрием, обладает специфическим запахом криля, имеет темно-коричневый цвет и пастообразную консистенцию. Использование хлористого натрия при консервировании сыромороженого криля возможно лишь в концентрациях не менее 15 %. Однако высокое содержание хлористого натрия в комбикормах снижает эффективность использования.

Крилевый фарш, консервированный пиросульфитом натрия, характеризовался розовым цветом, плотной консистенцией и незначительным запахом сернистого газа. Возможная длительность его хранения до 260 сут при концентрации консерванта 2,5 %, при этом уровень рН не превышал 6,6, а содержание АЛО 177 мг/100 г.

Таблица 82
Изменение свойств крилевого фарша при применении химических консервантов

Количество консерванта, % к массе фарша	Продолжительность хранения фарша, сутки	Изменение pH фарша в процессе хранения		Содержание общего азота, %	Содерж. АЛО, мг/100 г
		Начало	Конец		
<i>Хлористый натрий</i>					
10	20	6,9	7,6	1,9	330
15	80	6,6	7,4	2,1	214
<i>Пиросульфит натрия</i>					
1,0	27	7,3	7,6	2,4	380
1,5	90	6,9	7,4	2,3	350
2,0	170	6,5	7,5	2,3	320
2,5	260	6,2	6,6	2,2	177
<i>Муравьиная кислота</i>					
1,0	47	5,5	7,6	2,5	450
1,5	100	5,1	6,6	2,4	300
2,0	180	4,6	5,0	2,4	270
2,5	280	4,0	4,5	2,4	150
<i>НМЖК-6</i>					
1,0	15	6,1	7,3	2,5	370
1,5	61	5,7	6,4	2,5	290
2,0	270	5,0	5,5	2,4	160
2,5	340	4,8	5,3	2,4	120
<i>Пиросульфит натрия + хлористый натрий (1:5)</i>					
2,0	260	6,5	6,7	2,3	195

Крилевый фарш, консервированный муравьиной кислотой (НСООН), отличался коричневым цветом, рассыпчатой консистенцией, отсутствием порочащего запаха в течение хранения до 280 сут при концентрации консерванта 2,5 %, при этом pH был на уровне 4,0-4,5, а содержание АЛО 150 мг/100 г.

Эффективность консервирования фарша смесью НМЖК-6 аналогична муравьиной кислоте, но возможная длительность хранения увеличилась до 340 сут при концентрации консерванта 2,5 %.

Фарш, консервированный смесью пиросульфита с хлористым натрием имел коричневатый цвет, однородную консистенцию и запах, свойственный крилю. Эта смесь обеспечила сохранность фарша до 260 сут при pH 6,5-6,7 и содержании АЛО 195 мг/100 г.

По общему химическому составу все образцы фарша с различными консервантами незначительно отличаются между собой. Содержание влаги колебалось от 76,4 до 81,9 %; белка — 12,0-14,2 %; липидов - 1,5-3,0 %; золы - 2,9-6,8 %.

Данные, приведенные в табл. 83, свидетельствуют о том, что во всех партиях крилевого фарша к концу трехмесячного хранения отмечалось снижение содержания белковых азотистых веществ и увеличение содержания небелкового азота и свободных аминокислот за счет гидролитических изменений белковой системы.

Таблица 83
Изменение некоторых форм азотистых веществ крилевого фарша в зависимости от вида консерванта после трех месяцев хранения, % от общего азота

Консервант	Общий	Белковый	Небелковый	Свободных аминокислот	Летучих оснований
Фарш без консерванта	2,17	66,4	33,6	18,0	0,9
Пиросульфит натрия — 2,0 %	2,11	1,4	96,6	46,4	6,16
НСООН-2,0 %	2,02	17,8	82,2	44,6	4,0
НМЖК-6—2,0 %	1,95	3,6	96,4	51,3	2,1
Пиросульфит натрия+ NaCl (1:5)—2,0 %	1,91	—	100	42,4	2,6

В итоге проведенных исследований для производства кормового фарша из криля рекомендованы НМЖК-6 и смесь пиросульфита и хлористого натрия (соотношение 1:5) в количествах 2 % к массе сырья. Эти консерванты обеспечивают сохранность крилевого фарша при комнатной температуре в течение 9 мес. Зоотехнические свойства консервированного крилевого фарша в процессе хранения практически не изменяются.

6.3. КОРМОВЫЕ ГИДРОЛИЗАТЫ

Помимо влажных кормов химического консервирования, сыро- и варено-мороженого криля, несомненный интерес представляют кормовые гидролизаты, получаемые в качестве побочного продукта при производстве хитина из панцирьсодержащих отходов криля после их депротеинирования (обработка слабыми растворами щелочи) и деминерализации (обработка слабыми растворами кислот). Содержащаяся в панцире криля белковая и минеральная составляющие переходят в гидролизат.

Проведенные ранее всесторонние испытания различных кормовых продуктов из криля при кормлении птиц, свиней и пушных зверей подтвердили их высокую биологическую ценность, обусловленную значительным содержанием полноценного белка, витаминов группы В, каротиноидов и легкоусвояемых минеральных веществ.

Использование кормовых продуктов из криля в кормлении крупного рогатого скота практически не было изучено.

Московской ветеринарной Академией им. Скрябина совместно с ВНИРО были проведены исследования по использованию гидролизатов при скармливании телят в раннем возрасте, в молочном и послемолочном периодах.

Учитывая, что основным кормом телят после рождения является молоко, были предприняты попытки замены до 75 % молока на кормовой крилевый гидролизат.

Характеристика кормового гидролизата представлена в табл. 84—87.

Таблица 84
Химический состав кормового крилевого гидролизата

Вода, %	79,6
Липиды, %	3880
Белковый азот, %	915
Аминный азот мг%	208
Зола, %	9,8
Сухое вещество. %	20,4

Таблица 85
Фракционный состав липидов кормового гидролизата, мг %

Фосфолипиды	930
Моноглицериды	97
Триглицериды	1221
СЖК	694
Диглицериды	312
Холестерин	153
Эфиры холестерина	447

Таблица 86
Содержание минеральных элементов в кормовом гидролизате

Элементы	Содержание
Кальций, %	1,56
Фосфор, %	0,21
Магний, %	0,83
Натрий, %	1,81
Железо, мг/л	29,71
Медь, мг/л	0,89
Марганец, мг/л	1,44
Кобальт, мг/л	0,34

Таблица 87
Содержание аминокислот в кормовом гидролизате, %

Аминокислоты	Содержание
Лизин	0,336
Аргинин	0,310
Гистидин	0,196
Аспарагиновая кислота	0,534
Треонин	0,216
Серии	0,213
Глютаминовая кислота	0,756
Пролин	0,258
Глицин	0,309
Аланин	0,318
Цистин	0,036
Валин	0,297
Метионин	0,162
Изолейцин	0,261
Лейцин	0,452
Тирозин	0,214
Фенилаланин	0,252

Анализ химического состава кормового гидролизата показал, что он содержит все необходимые для телят питательные вещества: белки, продукты их расщепления, липиды, минеральные вещества.

По содержанию общего протеина гидролизат превосходит молоко в 1,5-2,5 раза. Значительно выше, чем в молоке, содержание незаменимых аминокислот. Уровень липидов незначительно отличается от молока, а содержание ненасыщенных жирных кислот существенно выше.

В итоге проведенных исследований установлено, что скормливание кормового гидролизата способствует увеличению интенсивности роста телят и снижению затрат корма. Отмечено увеличение среднесуточного прироста живой массы телят на 13,9 % при добавлении гидролизата в количестве 2 % от рациона протеина и на 17,7 % — при 4 %-ной добавке.

Кормовые гидролизаты рекомендованы для использования при кормлении молодняка крупного рогатого скота.

6.4. КОРМОВАЯ МУКА

В основу современной технологии получения кормовой муки из криля положены принципы наиболее полного использования содержащихся в нем белков, липидов, витаминов, макро- и микроэлементов.

Производство кормовой муки на существующих рыбомучных установках осуществляется следующими способами: прямой сушки при атмосферном давлении или под вакуумом, прессово-сушильным с использованием или без использования подпрессового бульона.

6.4.1. Способ прямой сушки

Технологический процесс получения кормовой муки способом прямой сушки включает три основные операции: измельчение, разваривание и сушку.

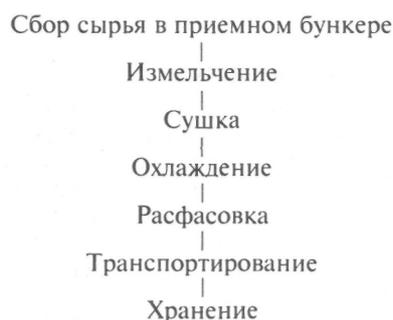
В одних установках процессы разваривания и последующей сушки осуществляют в одном и том же барабане, который вначале работает как варильник, затем как сушильный аппарат. В других установках имеется два барабана: один для варки, другой для сушки.

По этой схеме рекомендуется перерабатывать сырье с содержанием жира не выше 3 %.

Преимуществом производства муки способом прямой сушки является высокий выход муки (до 21—24 % от массы сырья) с повышенным содержанием в ней водорастворимых витаминов группы В, небелковых азотистых веществ и простота конструкций рыбомучных установок.

На производство кормовой муки способом прямой сушки используют целый криль или жом, получаемый при производстве пасты "Океан".

Технологический процесс производства кормовой муки включает следующие операции:



Измельченное сырье загружают в прогретую до 80 °С сушильную установку. Режим сушки сырья 3- ступенчатый: в течение первого часа сушку проводят при температуре не выше 75 °С, давлении пара около 1 атм; на втором этапе температуру поднимают до 85 °С, давление — до 3 атм; продолжительность сушки третьего этапа — 2ч при температуре 90–95 °С, давлении греющего пара 4 атм. Продолжительность сушки определяется остаточным содержанием влаги в муке не более 10 %.

Высушенную муку выгружают из сушильного барабана в мучной трюм, где охлаждают в тонком слое (10–15 см) до температуры 25–30 °С. После охлаждения готовый продукт расфасовывают в джутовые мешки и хранят в охлаждаемых трюмах.

Получаемая при этом мука характеризуется повышенным содержанием липидов. Вследствие воздействия высоких температур в муке накапливается значительное количество продуктов окисления липидов, которые снижают ее кормовую ценность и ускоряют протекание процессов окисления в муке при ее дальнейшем хранении.

Данные, приведенные в табл. 88, свидетельствуют о наличии повышенного содержания золы и пониженного содержания белка и липидов в муке из жома. По органолептическим свойствам мука,

Таблица 88
Химический состав муки прямой сушки, % к сырой массе

Объект исследования	Влага	Липиды	Белок	Зола	Хитин
Мука из криля-сырца	10,6	21,2	62,6	10,6	4,2
Мука из жома криля после выделения пасты	7,0	11,5	53,8	20,1	3,7

полученная способом прямой сушки, характеризуется темно-коричневым цветом, в процессе ее хранения усиливается запах окислившегося жира, комкование. Срок хранения муки не превышает 4–5 мес, после чего появляется резкий прогорклый запах.

Для максимального удаления липидов получаемую сушенку с содержанием влаги 8–12 % и температурой 80–90 °С рекомендуются прессовать на гидравлических прессах под давлением.

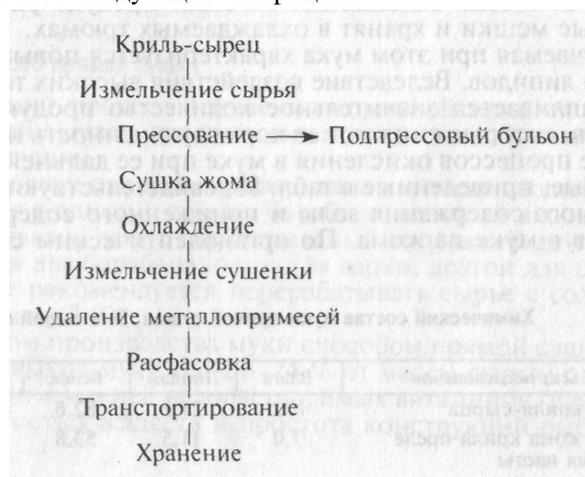
6.4.2. Прессово-сушильный способ

Наибольшее распространение в промышленности имеет прессово-сушильный способ получения кормовой муки из криля, осуществляемый при более мягких температурных режимах обработки и обеспечивающий получение муки повышенной кормовой ценности. Основным отличием прессово-сушильного способа получения кормовой муки от способа прямой сушки является процесс прессования, обеспечивающий возможность переработки сырья с довольно высоким содержанием липидов.

Низкое содержание влаги и жира, остающееся в жоме после прессования, способствует лучшему просушиванию массы, в результате чего уменьшается расход пара в сравнении со способом прямой сушки.

Технологическая схема производства кормовой муки прессово-сушильным способом наиболее экономически целесообразна и технически совершенна. Современные прессово-сушильные установки сблокированы в единый агрегат непрерывного действия. Выход муки без использования подпрессовых бульонов составляет 16–17 %, а количество подпрессовых бульонов — 68–73 % от массы сырья.

Технологический процесс получения муки прессово-сушильным способом включает следующие операции:



Процесс варки предварительно измельченного криля осуществляют в варильнике при температуре 70–75 °С в течение 10 мин. Проваренная масса из варильника с помощью шнека, снабженного отцеживателем, поступает в винтовой пресс.

В результате прессования разваренной массы образуются две фракции: твердая — жом с содержанием влаги 50 % и жидкая — подпрессовый бульон.

Далее жом поступает в разрыхлитель, а затем в сушильную установку, состоящую из одного или двух барабанов.

Перед сушкой в жом равномерно подают бульон, предварительно обезжиренный и упаренный до содержания сухих веществ 45–50 %, и с помощью дозирующего устройства — антиокислитель в количестве 0,1 % к массе муки. Добавление упаренного бульона увеличивает выход муки на 5–7 % и повышает ее биологическую ценность.

Крилевое сырье в однобарабанных установках сушат при температуре около 80 °С, давлении греющего пара 4 кгс/см² в течение 3–4 ч.

В случае работы на двухбарабанных сушильных установках, сушку сырья проводят последовательно в два этапа — предварительная и окончательная сушка.

Предварительную сушку жома осуществляют в первом барабане воздухом при температуре 120–140 °С, подаваемым в сушилку через калорифер. Температура высушиваемой массы около 70 °С, температура отходящего влажного воздуха — 70–80 °С.

Окончательную сушку производят во втором барабане глухим паром, подаваемым в систему обогрева под давлением 3–6 кгс/см², температура высушиваемого материала 70–80 °С.

Общая продолжительность сушки около 30 мин. Сушенка характеризуется розовым цветом, рассыпчатой консистенцией, запахом, свойственным муке из ракообразных, влажностью не более 10 %.

Охлажденную до 20 °С, измельченную и просеянную на дезинтеграторе сушенку пропускают через электромагнитную установку для удаления металломагнитных примесей и подают на весовые дозаторы для взвешивания и упаковывания. Полученную муку упаковывают в четырех-шестислойные бумажные мешки, ламинированные полиэтиленом, многослойные бумажные мешки емкостью до 30 кг или джутовые мешки с вкладышами из полиэтиленовой пленки емкостью до 60 кг. Мешки прочно зашивают, допускается плотно завязывать мешки шпагатом.

Срок годности стабилизированной антиокислителем муки — один год с даты изготовления.

В табл. 89 представлены данные химического состава кормовой муки прессово-сушильного способа из различного сырья.

Результаты, приведенные в табл. 89, указывают на то, что наиболее высокими качественными показателями характеризовалась мука, полученная из крилевого жома.

Таблица 89

Химический состав кормовой муки из различных образцов криля, %

Объект исследования	Влага	Липиды	Белок	Зола
Мука из свежего криля	11,3	19,3	53,7	15,0
Мука из мороженого криля	10,0	11,7	55,2	20,0
Мука из жома	7,6	12,1	64,0	12,9

Кормовая ценность муки определяется содержанием доступного лизина, перевариваемостью белковых веществ, а также качеством и составом липидов, содержащихся в ней.

Сравнительные исследования, проведенные ВНИРО, свидетельствуют о том, что в крилевой муке, выработанной прессово-сушильным способом из крилевого жома, содержание доступного лизина было выше в среднем в 1,9 раза, а перевариваемость белковых веществ больше на 14 % по сравнению с этими же показателями в муке, полученной способом прямой сушки (табл. 90—92).

Таблица 90

Перевариваемость белковых веществ и содержание доступного лизина в крилевой муке, полученной различными способами из разных видов сырья

Объект исследования	Перевариваемость по пепсину, %	Содержание доступного лизина, г/16 гN
Мука из целого криля:		
прессово-сушильный способ	77,8	3,8
прямая сушка	63,8	1,8
Мука из жома:		
прессово-сушильный способ	75,4	3,2
прямая сушка	60,1	2,0

Таблица 91

Характеристика липидов крилевого сырья и кормовой муки, полученной различными способами

Показатели	Целый криль	Мука из целого криля		Крилевый жом	Мука из жома	
		Прессово-сушильный способ	Прямая сушка		Прессово-сушильный способ	Прямая сушка
Кислотное число, мЛКОН/г	16,7	23,0	50,8	14,8	18,2	48,5
Экстрагируемость серным эфиром, %	6,2	18,7	10,1	8,9	17,2	9,3
Альдегидное число, мг % коричневого альдегида	2,9	9,8	25,3	2,7	8,9	23,2
Содержание оксикислот, %	0,53	2,1	5,5	0,8	2,8	6,8
Йодное число, % J ₂	126,7	102,5	52,8	117,7	103,0	55,4

Таблица 92

Изменение состава основных жирных кислот липидов крилевого сырья при различных способах получения муки, %

Кислоты	Целый криль	Мука из целого криля		Крилевый жом	Мука из жома	
		Прессово-сушильный способ	Прямая сушка		Прессово-сушильный способ	Прямая сушка
Насыщенные	34,5	37,2	48,7	33,5	41,7	39,0
Мононенасыщенные	30,5	37,0	34,6	31,0	33,3	40,8
Полиненасыщенные	35,9	25,8	17,6	36,0	25,2	20,6
Биологически активные	24,6	19,3	8,2	29,0	19,3	12,5

При производстве кормовой муки происходят окислительные изменения липидов, сопровождающиеся увеличением количества вторичных продуктов окисления (альдегидов, кетонов, оксикислот) и снижением степени ненасыщенности липидов (йодное число) (см. табл. 91). Глубина этих изменений значительно увеличивается при производстве муки способом прямой сушки.

Суммируя весь комплекс показателей, следует отметить, что прессово-сушильный способ позволяет получать муку как из целого криля, так и из жома, характеризующуюся незначительным содержанием продуктов окисления липидов, высокой суммой полиненасыщенных кислот и биологически активных жирных кислот, свидетельствующих о ее высокой кормовой ценности.

6.4.3. Гранулированная кормовая крилевая мука

Улучшение качества кормовой крилевой муки, условий транспортирования и удлинение сроков хранения возможно путем ее гранулирования.

Процесс гранулирования заключается в преобразовании мелкодисперсного сыпучего продукта в крупные частицы определенной геометрической формы с заданными физическими свойствами. При этом способы гранулирования муки могут быть "сухие" и "влажные".

Одесским отделением АзЧерНИРО разработана технология гранулирования кормовой крилевой муки, которая положена в основу создания линии НЮ-ИЛУ-1, испытанной на БАТ "Григорий Ковтун" (рис. 25).

В качестве исходного продукта использована кормовая мука прессово-сушильного способа. Исследовано "сухое" прессование на промышленном прессе с вращающейся кольцевой матрицей (см. рис. 25), а также "влажное" прессование с использованием подпрессового бульона и раствора лигносульфоната в подпрессовом бульоне в качестве связующих компонентов.

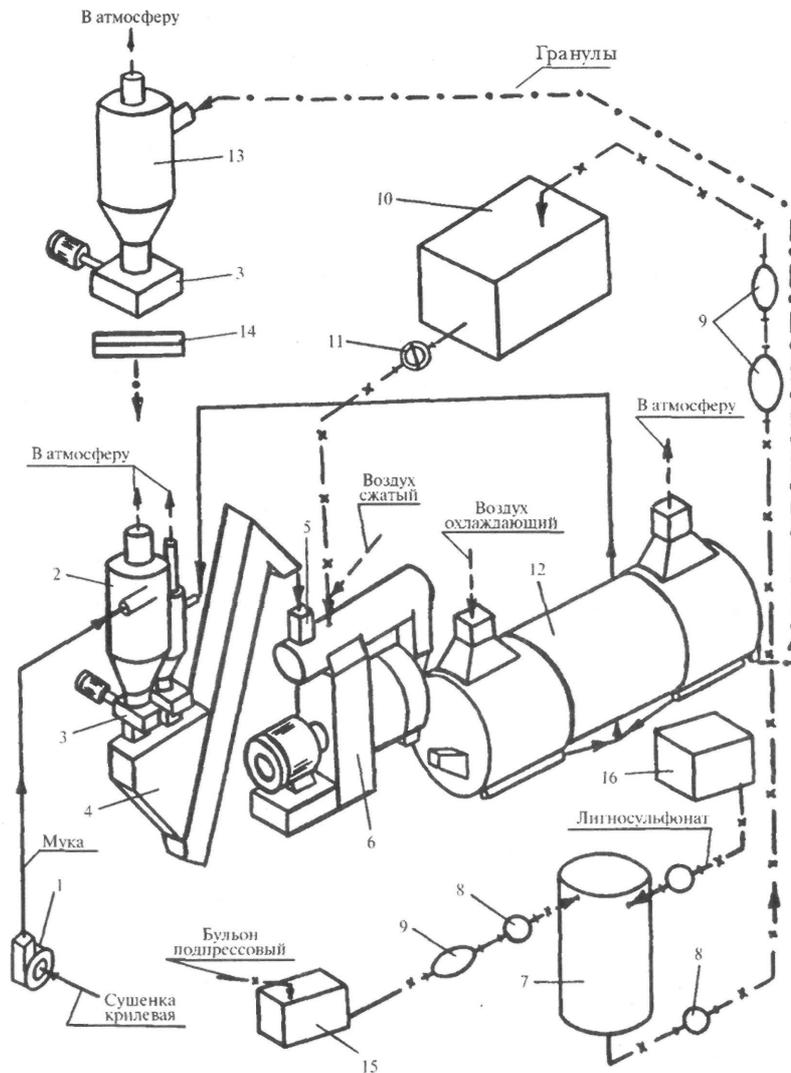


Рис. 25. Технологическая схема производства гранулированной крылевой муки на оборудовании НЮ-ИЛУ-1: 1 — мельница; 2, 13 — циклон; 3 — шлюзовой затвор; 4 — бункер-дозатор; 5 — магнитная колонка; 6 — пресс-гранулятор; 7 — бак для приготовления связующих веществ; 8 — насос; 9 — фильтр; 10 — расходный бак; 11 — насос-дозатор; 12 — охладитель-сортировщик; 14 — автоматические весы; 15 — сборник подпрессового бульона; 16 — емкость для лигносульфоната

Установлено, что при исходной влажности муки 8 % и менее гранулы не формируются. Повышенная влажность муки (более 15 %) ухудшает прочностные свойства гранул.

В результате использования связующих веществ при гранулировании крилевой муки существенно улучшается качество готового продукта. Применение раствора лигносульфоната в подпрессовом бульоне в значительной степени увеличивает прочностные свойства гранул. Полученные гранулы имеют цилиндрическую форму диаметром 10 мм, гладкую поверхность, насыпная масса их увеличивается на 50 %, пористость уменьшается вдвое, снижается гигроскопичность муки.

Наилучшие структурно-механические показатели отмечены для гранулированной муки с влажностью 8–10 %.

Так, при содержании влаги 8,7 % плотность гранул составляет 1125 кг/м³, крошимость — 2,8 %, ударная прочность 172 Дж/кг. Указанные показатели свидетельствуют о том, что гранулы крилевой муки по своим структурно-механическим свойствам удовлетворяют требованиям стандарта на гранулированные корма.

Процесс гранулирования не вызывает изменения химического состава кормовой крилевой муки (табл. 93), но вместе с тем положительно влияет на ее биологическую ценность — повышается гидролиземость белковых веществ протеолитическими ферментами в 1,1 раза; увеличивается перевариваемость корма с 71,8 до 77,5 %.

Таблица 93
Химический состав кормовой крилевой муки россыпью и гранулированной, % на сухое вещество

Объект исследования	% на сухое вещество				
	Влага	Липиды	Белок	Зола	Хитин
Мука россыпью	9,4	8,8	60,5	16,3	7,9
Мука гранулированная	8,8	8,7	60,7	16,4	7,8

Гранулирование также благоприятно сказывается на сохранности белково-липидных комплексов и биологически активных веществ.

Степень деградации питательных компонентов и зараженности микроорганизмами при хранении гранулированной муки значительно ниже по сравнению с мукой россыпью.

В процессе длительного хранения образцов гранулированной муки факторы внешней среды вызвали некоторые изменения ее структурно-механических свойств (табл. 94).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в течение первых шести месяцев хранения плотность гранул незначительно уменьшалась и в дальнейшем практически не изменялась.

Вместе с тем существенно увеличилась ударная прочность гранул в процессе хранения (в 1,5 раза), что положительно сказывает-

Таблица 94

Изменение структурно-механических свойств гранулированной крилевой муки

Продолжительность хранения, мес.	Плотность, кг/м ³	Крошимость, %	Ударная прочность, Дж/кг
0	1246	1,30	128
6	1174	1,08	110
12	1120	1,29	192
18	1155	1,85	186

ся на сокращении потерь продукта при транспортировании и свидетельствует об улучшении упруговязких свойств гранул в процессе длительного хранения.

Расфасовку гранулированной муки производят в джутовые мешки с полиэтиленовыми вкладышами.

Срок годности гранулированной муки — 1,5 года (муки рассыпью — 1 год) с даты изготовления при температуре воздуха 15–20 °С и относительной влажности не выше 75 %.

6.4.4. Некоторые результаты биологических испытаний кормовой муки из криля

Биологические испытания крилевой муки проводились на животных и птицах.

По данным зоохиманализа, крилевая мука в среднем содержит (%): влаги 12,7; сырого протеина 56,8; жира 11,5; хитина 3,5; кальция 5,8; фосфора 1,6.

Аминокислотный состав белков кормовой крилевой муки пресово-сушильного способа в сравнении с кормовой рыбной мукой и кормовыми дрожжами представлен в табл. 95.

Из данных табл. 95 видно, что белки крилевой муки по аминокислотному составу близки к белкам рыбной муки, что свидетельствует об их высокой биологической ценности.

В кормовых дрожжах содержание лизина, треонина, серина и глицина близко к содержанию их в белках крилевой муки, а количество всех остальных аминокислот несколько меньше, что необходимо учитывать при балансировании рационов питания животных по аминокислотному составу.

Скармливание крилевой муки бройлерам в составе комбикормов повышало выживаемость птицы на 1,8–5,4 % и увеличивало привес на 3,7–10,8 %. Установлено, что наиболее эффективно скармливать крилевую муку в качестве кормовой добавки в количестве 5 % бройлерам в период 1–2 мес.

В опытах на цыплятах и утятах выявлено, что предпочтительно крилевую муку добавлять в рацион в количестве 3 %, при этом повышаются живая масса молодняка, категория мяса и снижаются затраты на корма в соответствии с привесами.

**Аминокислотный состав белков рыбной, крилевой муки
и кормовых дрожжей (г на 1 кг корма)**

Аминокислота	Рыбная мука	Крилевая мука	Дрожжи кормовые
Лизин	35,6	32,4	28,3
Гистидин	14,9	13,6	6,7
Аргинин	34,6	31,8	21,9
Аспарагиновая кислота	74,6	78,4	49,4
Треонин	17,4	23,1	20,7
Серии	23,5	21,0	25,7
Гл ютам и новаякислота	96,0	95,8	83,4
Пролин	36,7	28,6	9,0
Глицин	23,3	22,3	20,4
Аланин	14,4	16,1	40,0
Валин	30,7	32,6	24,9
Метионин	34,9	36,9	4,0
Изолейцин	30,1	36,7	25,5
Лейцин	49,1	50,3	41,0
Тирозин	32,8	34,2	11,5
Фенил аланин	24,3	24,1	18,1
Сумма	572,9	577,9	430,5
"Сырой" протеин, %	65,1	63,0	45,1

Замена рыбной муки крилевой в полнорационных комбикормах не оказывает отрицательного влияния на накопление витамина А и каротиноидов в яйце и витамина А в печени кур.

При мясном откорме свиней рационально крилевую муку вводить в состав комбикормов в количестве 3–4 % с добавлением 4–5 % кормовых дрожжей по массе.

В итоге установлено, что по биологическому действию протеин крилевой муки равноценен протеину рыбной муки и в этой связи крилевую муку без ущерба для продуктивности и качества продукции можно добавлять в комбикорма для сельскохозяйственных животных и птицы.

Кроме того, крилевая мука по сравнению с рыбной является не только источником полноценного белка, но и содержит биологически активные вещества, повышающие усвоение организмом животных растительного компонента комбикормов.

Особую ценность представляет крилевая мука для стартовых кормов в качестве идеально сбалансированного кормового продукта при вскармливании молодняка животных и птиц, имеющих высокий уровень роста и обменных процессов, при которых необходим весь набор веществ для формирования организма. Применение крилевой муки повышает резистентность и предупреждает развитие авитаминоза у животных и птиц.

7. ХИТИН И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ

Хитин является природным полисахаридом, нерастворимым в воде, разбавленных кислотах, щелочах и других органических растворителях. Его источники многообразны и широко распространены в природе. Мировой потенциал сырья достаточен для производства более 150 тыс. т хитина в год.

Во многих организмах (ракообразные, диатомовые водоросли, грибы и др.) хитин в комплексах с минеральными веществами и белками образует внешний скелет и внутренние опорные структурные элементы.

Наиболее доступным и масштабным источником хитина являются панцири ракообразных, которые долгое время оставались не утилизируемыми отходами при разделке и создавали серьезные экологические проблемы в местах их промышленной переработки [49].

Кроме того, хитин содержится в панцирях насекомых, гаммарусе, куколках тутового шелкопряда, струне кальмара и др. Эти источники сырья не нашли промышленного воплощения для выделения хитина как в отечественной, так и мировой практике.

Перспективным источником сырья для выделения хитина является антарктический криль. Устойчивая сырьевая база криля, разведанные запасы которого составляют 15 млн. т, гарантирует возможность возрастающего промысла этого объекта. Содержание хитина в панцире криля составляет 0,7—1 % от массы тела.

В качестве сырья для получения хитина из криля являются:

- сыромороженный криль;
- отходы от производства пищевой продукции из криля (мяса, консервов, фарша) в мороженом, сушеном или консервированном виде.

Технологический процесс переработки всех видов сырья включает практически одни и те же операции, различающиеся только режимами обработки.

Начиная с 60-х годов интерес к хитину резко возрос, что связано в первую очередь с общим развитием химии полимеров и созданием на основе хитина целого ряда его производных, имеющих

очень широкую сферу применения. Основным дезацетилированным производным является хитозан — аминный полимер, растворимый в очень слабой кислоте. Хитозан сохраняет структуру хитина, но значительно легче поддается различным модификациям.

Хитину и хитозану присущи химическая, микробиологическая и радиационная устойчивость, биodeградируемость, высокая сорбционная способность к отдельным группам веществ, в том числе тяжелым металлам, их способность к волокну- и пленкообразованию.

Известно более 70 направлений использования хитина/хитозана в различных отраслях промышленности и медицине.

Взросший интерес к хитину и хитозану подтверждается проведенными международными, европейскими, азиатско-тихоокеанскими и другими конференциями.

Только в Советском Союзе и России за последние годы проведены 5 конференций.

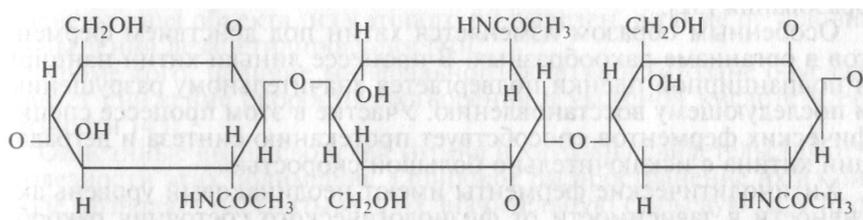
7.1. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ХИТИНА И ХИТОЗАНА

Хитин относится к природным полимерам и среди органических веществ на Земле в количественном отношении занимает второе место после целлюлозы. Различие между целлюлозой и хитином заключается в том, что у второго атома углерода в хитине гидроксил замещен ацетильной группой [84].

Хитин представляет собой гомополиаминосахарид с неразветвленной цепью (3-1-4, соединенных 2-ацетамидо-2-дезоксид-Д-глюкозных остатков, поочередно повернутых на 180° [84].

Эмпирическая формула хитина $(C_8H_{13}NO_5)_x$.

Структурная формула хитина:



Длина цепи полимера хитина может колебаться в тысячи мономерных звеньев, молекулярная масса хитина около 400000.

Наряду с N-ацетилглюкозамином в состав молекулы хитина в небольших количествах входит D-глюкозамин. В очищенном хитине, полученном из некоторых морских объектов, обнаружены, помимо глюкозамина, глюкоза, галактоза и манноза.

Хитин имеет высокоупорядоченную надмолекулярную структуру. В зависимости от строения различают три молекулярные формы хитина α - β - γ -хитин [59]. Хитин во всех трех типах содержит ассоциаты цепей, связанных вместе CO...NH-связями, за счет N-ацетильных групп на остатке глюкозамина.

Различные формы хитина обладают рядом индивидуальных свойств и способны к взаимопревращению: α -хитин характеризуется самым стабильным состоянием, β - и γ -хитины могут превращаться в α -хитин.

В силу своей природы хитин входит в соединение не только с белками, но и с липидами, каротиноидами, минеральными веществами.

Из природных объектов трудно выделить хитин, полностью очищенный от белка. Однако степень депротеинизации влияет на свойства хитина.

Содержание хитина в панцире колеблется и зависит от вида и периода развития организма животного. Так, содержание хитина в панцире краба составляет 2,0–4,5 %, креветки — 1,0–3,4 %, крыля — 0,7–1 % от массы тела.

Биосинтез хитина изучен недостаточно. Имеется мнение, что для образования хитина в животных объектах необходимо выполнение двух условий: во-первых, образование мономера N-ацетилглюкозамина и, во-вторых, наличие хитинсинтетазы для полимеризации этого мономера [32].

Огромные количества хитина, вырабатываемые живыми организмами, не накапливаются в природе благодаря его способности биodeградировать с участием хитинолитических ферментов.

Показана возможность расщепления хитина в природных условиях в почвах, в морских илах ферментами до глюкозамина и участие последнего через реакцию меланоидинообразования в гуминообразования [32].

Особенным образом изменяется хитин под действием ферментов в организме ракообразных. В процессе линьки хитин панциря и подпанцирной пленки подвергается значительному разрушению и последующему восстановлению. Участие в этом процессе специфических ферментов способствует протеканию синтеза и деградации хитина с исключительно большой скоростью.

Хитинолитические ферменты имеют неодинаковый уровень активности в зависимости от физиологического состояния ракообразных [71]. Так, например, хитиназа синтезируется постоянно, а синтез хитобиазы усиливается перед линькой и немедленно уменьшается после ее окончания.

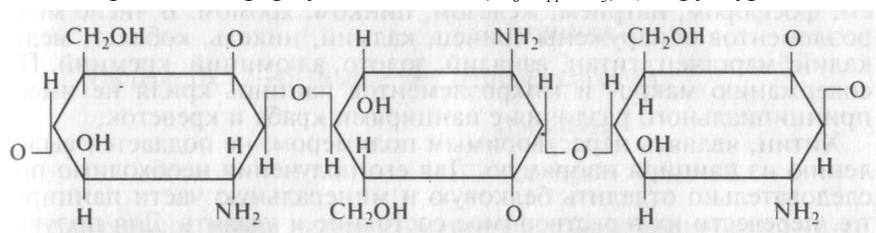
Наряду с хитином в природе, хотя и очень редко, встречается другой линейный гомополиаминосахарид — хитозан. Например, хитозан образует часть клеточных стенок некоторых видов плесней.

В то же время хитозан широко синтезируется путем дезацетилирования хитина и относится к его производным.

Способность хитозана, в отличие от хитина, растворяться в разбавленных кислотах повышает возможности его практического применения.

По химическому строению хитозан представляет собой полисахарид с неразветвленной цепью (3-1-4, соединенных 2-амино-2-дезокси-Д-глюкозных остатков).

Эмпирическая формула хитозана $(C_6H_{11}NO_5)_x$, структурная:



Строение основной цепи хитозана близко строению цепи карбоксиметилцеллюлозы [39]. Хитозан нерастворим в воде, слабых и концентрированных растворах щелочей, органических растворителях. Удаление ацетильных групп при дезацетилировании хитина способствует растворению хитозана в разбавленных органических кислотах. Он весьма устойчив, не подвергается гниению, при нагревании разрушается.

Хитозан, как и хитин, во всех случаях устойчив к γ -излучению и к радиации.

Хитозан, дезацетилированный на 75 % и более, растворяется быстро, образуя прозрачные, гомогенные и вязкие растворы. Вязкость растворов хитозана является одним из важнейших его свойств и зависит от вида объекта, из которого он выделен, а также от условий проведения дезацетилирования [80].

Кроме того, наличие минерального остатка в хитозане обуславливает снижение скорости растворения в уксусной кислоте и его вязкости [43].

Описанные выше свойства хитина и хитозана свидетельствуют о полезности этих полимеров, а широкое распространение их в природе позволяет рассчитывать на значительную сырьевую базу промышленного значения.

7.2. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТИНА

Хитин, входящий в состав панциря и имеющий волокнистую структуру, прочно связан с белками посредством пептидной связи, а также с минеральными веществами.

У ракообразных сразу после линьки панцирь мягкий, эластичный, состоящий только из хитин-белкового комплекса (ХБК), но с течением времени происходит его упрочнение за счет минерализации структуры ХБК, в основном карбонатом кальция. Таким образом, панцирь ракообразных построен из трех основных элементов: хитина, играющего роль арматуры, белка и минеральной части, придающей панцирю необходимую прочность.

Дальрыбвтузом [48] показано, что макроэлементный состав минеральных веществ панциря криля представлен кальцием, магнием, фосфором, натрием, железом, цинком, хромом. В числе микроэлементов обнаружены свинец, кадмий, никель, кобальт, медь, калий, марганец, титан, ванадий, золото, алюминий, кремний. По содержанию макро- и микроэлементов панцирь криля не имеет принципиального различия с панцирями краба и креветок.

Хитин, являясь нерастворимым полимером, не поддается выделению из панциря напрямую. Для его получения необходимо последовательно отделить белковую и минеральную части панциря, т.е. перевести их в растворимое состояние и удалить. Для получения хитина и его модификаций стандартного качества необходимо полное удаление белковой и минеральной составляющих панциря.

Известно достаточно много методов получения хитина, которые можно разделить на две группы:

- получение хитина из различного сырья химической обработкой (кислотами, щелочами, комплексонами и др.);
- получение хитина на основе применения ферментов и протейолитических бактерий.

7.2.1. Получение хитина химической обработкой

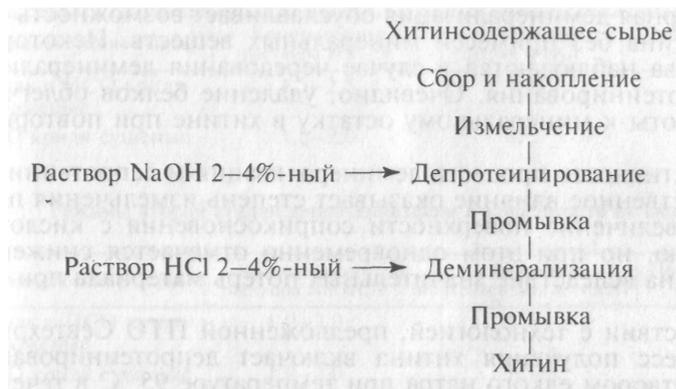
Большинство способов этой группы основаны на двухстадийной очистке хитина от белка и минеральной части — депротеинировании (ДП) и деминерализации (ДМ). Некоторые способы предусматривают также отделение липидов и пигментов. В зависимости от требуемого качества хитина, а также получаемого из него хитозана количество операций ДП и ДМ и их последовательность бывают различными.

Большинство известных методов этой группы основаны на поэтапной очистке хитина от белка и минеральной части.

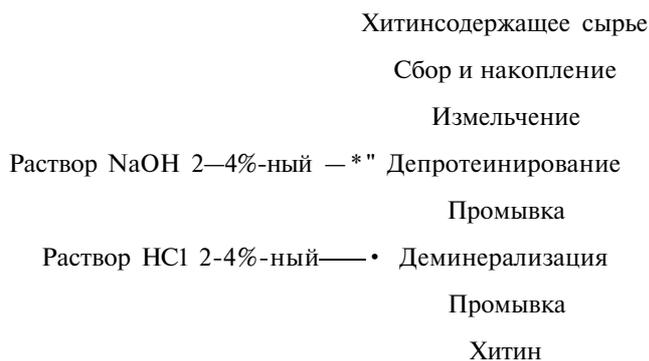
Упрощенная блок-схема получения хитина химическими реагентами приведена ниже.

Порядок проведения стадий депротеинирования и деминерализации и их кратность может иметь существенное значение для качества получаемого хитина и хитозана. Так, при обработке кислотой - щелочью кинематическая вязкость хитозана значительно выше, чем при обработке щелочью — кислотой.

Очевидным недостатком указанных способов получения хитина является жесткая обработка хитинсодержащего сырья, включаю-



Блок-схема получения хитина химическими реагентами



шая длительное время нахождения его в растворе щелочи (1,5–4 ч) при температуре 70–95 °С и в растворе кислоты высокой концентрации (от 2 до 4 %) в течение 1,5–3 ч. Это приводит к деструкции и частичному дезацетилированию хитина. При этом качество продукта существенно снижается (уменьшается молекулярная масса и соответственно вязкость растворов хитозана).

Несмотря на то, что жесткая обработка панциря щелочью и кислотой является эффективной для удаления белка и минеральных веществ, в ходе этого процесса отделяемый белок претерпевает значительные изменения, снижается его питательная ценность при использовании в качестве кормового продукта [74].

Для интенсификации процесса щелочного гидролиза белковой части панциря при более низких концентрациях щелочи применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ). При этом, наряду с эффективным удалением белка, наблюдается дополнительная экстракция красящих веществ и липидов.

Учитывая, что белок панциря и хитин связаны между собой ковалентно, полностью удалить белок практически не удается. В то же время остаточный белок оказывает определенное влияние на характеристики получаемого хитозана. Так, остаточный белок не-

Содержание минеральных веществ при однократной обработке панциря криля раствором кислоты не превышает 1,0–1,5 %, но вместе с тем, повторная деминерализация обуславливает возможность получения хитина без примесей минеральных веществ. Некоторые преимущества наблюдаются в случае чередования деминерализации и депротенирования. Очевидно, удаление белков облегчает доступ кислоты к минеральному остатку в хитине при повторной обработке.

На эффективность процесса деминерализации и депротенирования существенное влияние оказывает степень измельчения панциря, т.е. увеличение поверхности соприкосновения с кислотой или щелочью, но при этом одновременно отмечается снижение выхода хитина вследствие значительных потерь материала при обработке.

В соответствии с технологией, предложенной ПТО Севтехрыбпром, процесс получения хитина включает депротенирование 4%-ным раствором едкого натра при температуре 95 °С в течение 60 мин, промывку, деминерализацию 4%-ным раствором соляной кислоты при температуре не выше 20 °С в течение 30 мин.

Все перечисленные выше способы относятся к разновидностям традиционного кислотно-щелочного метода. Отличаются они последовательностью проведения стадий деминерализации и депротенирования, а также режимами обработки.

Деминерализация является важной стадией при производстве хитина. Степень деминерализации определяет вязкостные и другие физико-химические характеристики как хитина, так и получаемого из него хитозана.

Технология выделения хитина, разработанная ВНИРО, предполагает использование различных режимов депротенирования и деминерализации в зависимости от качественных характеристик сырья (табл. 96–99).

Таблица 96

Режимы первой стадии депротенизации для различных видов сырья

Наименование сырья	Концентрация раствора NaOH, %	Соотношение сырья и NaOH	Продолжительность процесса, мин.
Криль мороженный	1–2	1:3	60–90
ПСО* криля мороженные	1–2	1:3	60–90
ПСО криля сушеные	2–4	1:6	90–120

*ПСО – панцирьсодержащие отходы.

Для полуфабрикатов, не достигающих за одну стадию полного депротенирования и деминерализации, в соответствии с требованиями потребителей следует проводить повторную обработку.

Таблица 97

Режимы первой стадии деминерализации для различных видов сырья

Наименование сырья	Концентрация раствора HCl, %	Соотношение сырья и HCl	Продолжительность процесса, мин
Криль и ПСО криля мороженые	1,5-2,5	1:5	90-120
ПСО криля сушеные	1.5-2,0	1:6	90-150

Таблица 98

Режимы второй стадии депротеинизации в зависимости от вида сырья

Наименование сырья	Концентрация раствора NaOH, %	Соотношение полуфабриката и NaOH	Продолжительность процесса, мин
Криль и ПСО криля мороженые	1,0-2,0	1:4	30-40
ПСО криля сушеные	1,0-2,0	1:5	30-60

Таблица 99

Режимы второй стадии деминерализации в зависимости от вида сырья

Наименование сырья	Концентрация раствора HCl, %	Соотношение полуфабриката и HCl	Продолжительность процесса, мин
Криль и ПСО мороженые	1,0	1:5	30-50
ПСО криля сушеные	1,0-1,5	1:6	40-60

Указанные режимы депротеинирования и деминерализации обеспечивают высокое качество хитина с минимальным остаточным содержанием минеральных веществ, не превышающим 0,05—0,1 %. Обработка криля и панциря мороженых является предпочтительной по сравнению с сушеным панцирем.

Вместе с тем обработка исходного материала в агрессивных средах кислот и щелочей при высоких температурах требует специального, стойкого к коррозии оборудования, изготовляемого обычно из сплавов никеля и хрома или эмалированного, что ведет к повышению его стоимости. Необходимость создания на производстве участков хранения и приготовления растворов кислот и щелочей приводит к ужесточению техники безопасности и повышению расходов, связанных с вредными условиями производства.

К перечисленным выше недостаткам химического производства хитина можно добавить и то, что они все плохо вписываются в схему безотходной технологии. Многие из них не учитывают образование побочных продуктов производства, например белка. Те способы, где предусматривается использовать в дальнейшем белковые

компоненты панциря, дают этот продукт пониженной питательной ценности с большим содержанием соли. Соль образуется при изоэлектрическом осаждении белка из растворов и ограничивает область применения полученных белковых продуктов в качестве корма для животноводства.

7.2.2. Способы получения хитина на основе применения биотехнологических процессов

Применение ферментов для депротеинирования хитина позволяет достичь более мягких условий обработки панцирьсодержащего сырья [25, 57]. Получаемые белковые продукты практически не содержат хлорида натрия, присутствие которого неизбежно с применением кислотно-щелочных методов. С применением ферментной технологии становится возможным совмещение некоторых операций, что упрощает процесс. Кроме того, снижается агрессивность реакционной среды и, как следствие этого, уменьшаются затраты на оборудование, увеличивается срок его службы.

Наиболее простым из этой группы методов получения хитина является использование активного ферментного комплекса самого криля или автопротеолиз. Такой способ применим к отходам криля при получения мяса [47]. Депротеинирование панциря осуществляется путем смешивания целого криля с отходами в соотношении 1:2. Процесс ведут при 50 °С и непрерывном перемешивании в течение 5 ч. Степень перехода белка в жидкую фазу составляет 68 %. В результате такой обработки получается хитин, содержащий 34 % минеральных веществ и 12 % белка. Таким образом, данный способ не обеспечивает полного депротеинирования хитина и требует дополнительной операции по извлечению из него белка. Кроме того, есть сведения о присутствии в ферментном комплексе криля активных хитиназ, воздействие которых на хитин обуславливает снижение его молекулярной массы.

Существует способ депротеинирования хитина криля выделенной культурой *B. Subtilis*, позволяющий достичь степени гидролиза белка до 98 % за 1,5 сут. Но вместе с тем эти методы требуют большой предварительной работы по отбору и культивированию достаточно активного штамма протеолитических микроорганизмов, не проявляющих хитинолитической активности [13].

Все эти методы ферментативной обработки весьма продолжительны, в большинстве случаев требуется применение дорогостоящих ферментов (пепсина, трипсина, папаина) или специфических штаммов бактерий.

Известен способ, в некоторой мере лишенный указанных недостатков. Этим способом предусматривается одновременная деминерализация и депротеинирование хитина с применением кислых протеиназ микробиологического синтеза. Процесс проводят при рН=1,5–4,5 и температуре 15–60 °С в течение 24–48 ч.

В качестве кислых протеиназ используются комплексы протеолитических ферментов группы *Aspergillus niger*, *Aspergillus fetidus*, *Aspergillus oryzae*.

Полученный таким способом хитин не содержит золы, остаточное содержание белка 5–8 %. Возможны варианты полного удаления остатков белка в хитине путем его промывки на конечном этапе растворами щелочи.

Ферментативные способы получения хитина обладают одним общим недостатком, заключающимся в неполном удалении белкового компонента панциря, что может отрицательно сказаться в дальнейшем как на качестве самого хитина, так и на характеристиках получаемых из него модификаций [61]. Кроме того, при подборе ферментного препарата для депротеинирования необходим строгий контроль его на содержание хитиназ, поскольку в процессе обработки слишком большая активность ферментов этой группы может привести к чрезмерной деструкции полученного хитина.

НПО "Питательные среды", ВНИРО и ИНЭОСАН СССР предложен способ, предусматривающий получение сухих микробиологических питательных сред из мороженых панцирьсодержащих отходов крыла с последующим выделением хитина. Основу процесса составляет ферментативный гидролиз отходов с помощью панкреатина.

После извлечения белковой фракции из ПСО крыла в виде сухих микробиологических питательных сред, остаток панциря направляют на получение хитина по обычной кислотно-щелочной технологии.

7.3. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТОЗАНА

Как указано выше, хитозан или дезацетилованный хитин, — это высокомолекулярный полимер, растворяющийся в разбавленных органических и неорганических кислотах, что позволяет ему находить широкое применение в самых различных областях.

Степень измельчения хитина перед гетерогенной реакцией дезацетилирования играет важную роль для получения однородного продукта. Измельчение хитина облегчает доступ дезацетилирующего агента внутрь структуры, благодаря чему достигается равномерное протекание процесса дезацетилирования и уменьшение сопровождающей его деструкции.

В основе получения такой модификации хитина, как хитозан, лежит реакция отщепления от структурной единицы хитина ацетильной группировки или реакция дезацетилирования.

Реакция дезацетилирования, наряду с отщеплением ацетильных групп, сопровождается одновременным разрывом гликозидных связей полимера. Таким образом, хитозан представляет собой полидисперсный по молекулярной массе полимер D-глюкозамина,

содержащий некоторое количество недеацетилованных ацетамидных групп [8].

Процесс деацетилирования проводят обычно с помощью концентрированных щелочей при повышенных температурах. Первым опытом получения хитозана было сплавление хитина с твердой щелочью при 180 °С. Этим способом получают продукт со степенью деацетилирования 95 %, но сильно деструктурированный.

В сравнении с этим способом, деацетилирование концентрированными водными растворами щелочей является более мягким и наиболее распространенным. Деацетилирование водными растворами щелочей может обеспечить 100 %-ную степень деацетилирования, значительно менее деструктурированный продукт при использовании ступенчатого процесса [36].

Однако при всем разнообразии параметров процесса деацетилирования он обладает рядом недостатков. Наряду с реакцией деацетилирования также идет деструкция хитина, то есть разрыв его цепей по гликозидным связям. Это приводит к уменьшению молекулярной массы хитозана и снижению его вязкости [43, 86]. Кроме того, высококонцентрированная щелочь с учетом используемых в процессе высоких температур является очень агрессивной средой.

Одним из показателей, характеризующих степень деацетилирования хитозана, является содержание азота, равное 6,89 % в недеацетилованном хитине и 8,7 % при полном его деацетилировании.

Определенной проблемой в области производства хитозана является разработка эффективного метода регенерации сточных вод, представляющих собой щелочные растворы. В большинстве способов щелочного деацетилирования в растворе концентрация используемой щелочи составляет 40–50 % [39, 41]. Хотя в процессе реакции концентрация щелочи снижается, слив такого реагента в систему канализации недопустим. Это привело бы также к неоправданному перерасходу реагента и вызвало трудности по нейтрализации большой массы такого раствора.

Характер влияния концентрации щелочи на свойства получаемого полимера был исследован в работе Гамзаде [14]. Зависимость характеристической вязкости образцов хитозана от концентрации используемой щелочи, имеет экстремальный характер, а степень деацетилирования полимера нарастает почти линейно. Работа подтверждает оптимальность использования для деацетилирования растворов щелочи с концентрацией 50 %.

Высокая устойчивость хитина к деацетилированию объясняется наличием водородной связи между карбонильной группой и азотом амидной группы смежных цепочек хитина в мицелярной структуре [41]. В этой связи процесс ведут при высокой температуре (90–160 °С). Установлено влияние температуры на деструкцию

хитина: с увеличением температуры даже при невысокой концентрации щелочи (30 %) степень деацетилирования достигает почти предельного значения (98 %), однако одновременно существенно падает вязкость растворов полученного хитозана [14,41]. Температура реакции оказывает решающее влияние на деацетилирование хитина, но для сохранения макромолекулярной структуры полимера предпочтительнее снижать температуру обработки хитина до оптимальных значений (105—110 °С). При этом было показано, что между температурой и скоростью реакции существует линейная зависимость и скорость реакции обратно пропорциональна температуре.

Результаты исследований [61] показывают, что реакция деацетилирования наиболее быстро проходит в течение первого часа щелочной обработки. За это время хитин деацетилируется примерно на 70 % при условии обработки его 50 %-ной щелочью. Далее скорость реакции значительно замедляется, и к пяти часам степень деацетилирования достигает 80 %. Таким образом, длительная щелочная обработка не приводит к резкому повышению степени деацетилирования, в то время как деструкция хитозана наблюдается на всем протяжении процесса.

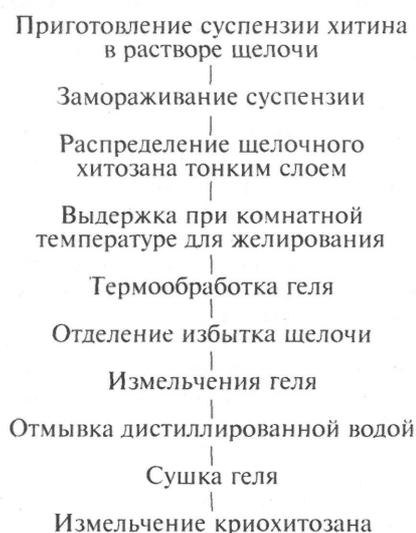
Важную роль в снижении степени деструкции хитина играет среда, в которой проводят реакцию деацетилирования, т.е. присутствие в ней кислорода. Для удаления кислорода из сферы реакции необходима плотная укладка смоченного щелочью сухого хитина с последующим вытеснением остатков воздуха из реактора азотом и его герметизация. Применяют также барботирование реакционной смеси азотом [14, 84]. Во всех случаях при деацетилировании в инертной среде отмечается повышение молекулярной массы и вязкости хитозана без снижения степени деацетилирования.

Соотношение жидкой и твердой фаз является важным фактором при определении режима получения хитозана [41]. Недостаточно большое соотношение хитина и щелочи вызывает плохое смачивание частиц хитина, в результате чего затруднен доступ деацетилирующего агента к его внутренним слоям. При слишком большом соотношении неоправданно увеличиваются объемы оборудования и расход деацетилирующего агента.

Таким образом, процесс получения хитозана представляет собой довольно сложный комплекс операций, причем качество конечного продукта зависит как от степени очистки хитина, так и от параметров самого процесса деацетилирования. Одним из важнейших условий получения однородного по качеству хитозана является создание однородных условий реакции деацетилирования за счет тонкого измельчения хитина или растворения его путем криовоздействия, а также проведение реакции в условиях инертной среды при оптимальном соотношении полимер : деацетилирующий агент.

ВНИРО совместно с ИНОЭС АН СССР разработан способ получения хитозана из щелочного раствора хитина методом криоструктурирования, заключающийся в проведении термообработки при условии обеспечения равномерного прогревания всего раствора [46].

Технологический процесс получения криохитозана включает следующие операции:



Первым этапом приготовления суспензии является его измельчение во влажном состоянии в 1–2 %-ном растворе щелочи в измельчителе — экстракторе конструкции НПО "Мир".

Проведение активации хитина перед криообработкой не только улучшает качество получаемых щелочных растворов, но и позволяет получать хитозан с более высокой степенью дезацетилирования.

Замораживание суспензии хитина проводят в криостате при минус 30 °С в течение 20–24 ч.

По окончании криообработки щелочной раствор хитина размораживают и отепляют до температуры 18–22 °С. Однородный щелочной раствор распределяют тонким слоем толщиной 1 — 1,5 см на поддоне из нержавеющей стали и выдерживают 18–24 ч при комнатной температуре для желирования.

Полученный гель нагревают при 75–85 °С в течение 3–5 ч, отделяют от выделившейся щелочи, измельчают на кусочки размером 0,5 x 0,5 см и отмывают дистиллированной водой до нейтрального значения рН.

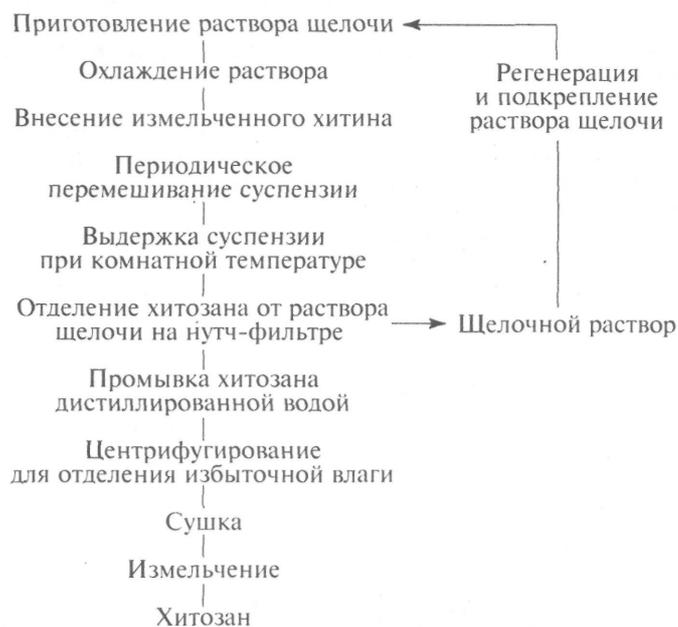
Промытый гель сушат при 50–60 °С, измельчают до порошкообразного состояния.

Полученный криохитозан практически не электризуется при измельчении, имеет аморфное строение, более высокую молекулярную массу по сравнению с хитозаном, полученным традиционными способами. Так, молекулярная масса хитозана, полученного из одного и того же сырья традиционным способом, составила 220 КДа, а полученного методом криоактивации — 480 КДа.

Однако внедрение этого способа в промышленность весьма затруднительно из-за сложности технологического процесса.

ВНИРО предложен способ деацетилирования хитина [11], заключающийся в растворении щелочи с образованием 40 % раствора, его охлаждении до комнатной температуры, внесении в охлажденный раствор небольшими порциями хитина в соотношении хитин : раствор щелочи 1:10 — 1:15 при периодическом перемешивании и выдерживание суспензии в течение 5–20 сут.

Схема технологического процесса получения хитозана представлена ниже.



В табл. 100 представлены расходные коэффициенты компонентов в расчете на 1 т хитозана.

Расходные коэффициенты на 1 т хитозана

Наименование компонентов	Расход	Наименование компонентов	Расход
Гидроокись натрия, т	8,0	Вода, м ³	350,0
Соляная кислота, т	6,0	Электроэнергия, кВт	9 400

7.4. МОДИФИКАЦИЯ ХИТИНА И ХИТОЗАНА

Вопросы межмолекулярного взаимодействия и комплексообразования высокомолекулярных соединений представляют собой одну из важнейших проблем химии и физики полимеров.

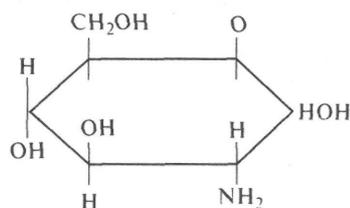
В последние годы всевозрастающий интерес к химии полиэлектролитов обусловлен непрерывным расширением области их практического применения в качестве специфических сорбентов, биологически активных соединений и т.д.

Реакции взаимодействия между противоположно заряженными полиэлектролитами, приводящие к образованию растворимых интерполимерных комплексов, открывают новые возможности для варьирования физико-химических и биологических свойств полиэлектролитов [91].

Глюкозамин, относящийся к производным Сахаров, в структурной формуле которого одна или две гидроксильные группы замещены аминогруппой, является весьма распространенной модификацией хитина.

Глюкозамин по химической номенклатуре называют 2-амино-2-дезоксид-Д-глюкозой и относят к группе аминсахаров.

Структурная формула Д-глюкозамина представлена ниже:



Глюкозамин обладает характерными свойствами аминов, является сильным основанием и легко образует устойчивые соли. В виде оснований глюкозамин неустойчив, в связи с чем обычно используют его хлоргидратные соли. Глюкозамин проявляет также свойства моносахаров, характерные для гидроксильной и альдегидной групп.

Гидролитическое расщепление хитина до глюкозамина осуществляется концентрированной соляной кислотой при температуре 80 °С в течение двух часов. Обесцвечивают гидролизат активированным углем при температуре 60 °С в течение двух часов. Далее гидролизат фильтруют, упаривают, повторно обрабатывают активированным углем. Кристаллизацию проводят при температуре 10 °С в присутствии этилового спирта в течение 16 ч с последующим отделением кристаллов, их промывкой и сушкой [50].

В соответствии с требованиями ТУ Д-глюкозамин гидрохлорид для медицинского применения должен содержать не менее 99 % основного вещества.

Особенности молекулярной и надмолекулярной структуры хитина и хитозана обуславливают низкую реакционную способность этих полимеров при этерификации, алкилировании и других превращениях.

Работами Текстильного института [15] показаны высокая реакционная способность хитина при сульфатировании. Разработан способ получения высокозамещенных сернокислых эфиров хитина, полностью растворимых в воде. Активацию хитина осуществляют разломом, в результате которого увеличивается поверхность полимера за счет расщепления микрофибрилл. Далее хитин обрабатывают органическими соединениями (ДМФА, смесь ДМФА и CH_3COOH), обуславливающими набухание полимера с сохранением степени кристалличности:

Высокая реакционная способность хитина при сульфатировании связана с интенсивной деструкцией полимера в условиях реакции, ускоряющей его переход в раствор и непосредственно сульфатирование. Таким образом получают высокозамещенные, полностью растворимые в воде сульфаты хитина. Синтезированные сульфаты хитина при низкой токсичности обладают антикоагулянтной и антисклеротической активностью.

Аналогичным образом получают и сульфаты хитозана.

Интересным и перспективным для применения в медицине, парфюмерии и сельском хозяйстве являются карбоксиметилловые эфиры хитина и хитозана.

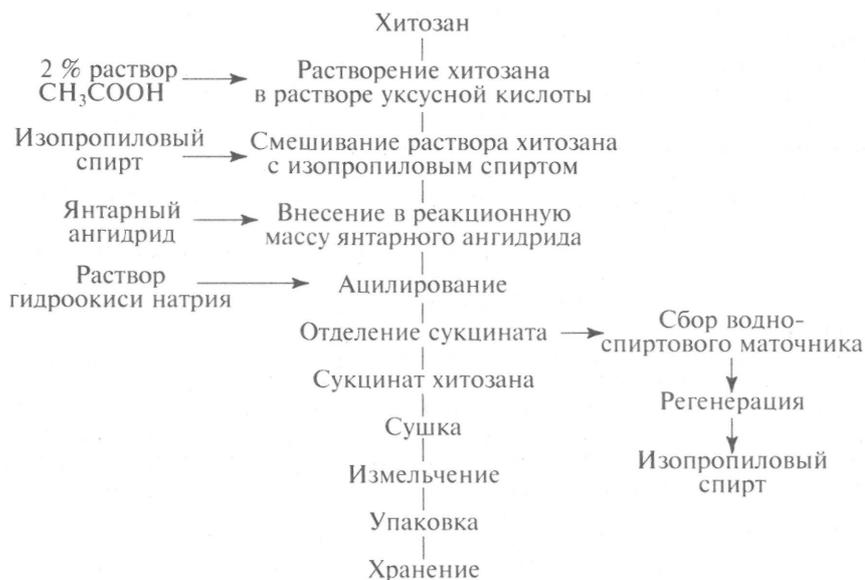
ВНИРО совместно с МИТХТ разработана технология приготовления натриевой соли — сукцината хитозана [12].

Технологическая схема получения сукцината хитозана представлена ниже.

Готовят 2 %-ный раствор уксусной кислоты и заливают его в реактор, снабженный мешалкой и обогревом. Постепенно, при постоянном перемешивании и подогреве до температуры 40–45 °С в реактор загружают хитозан. Соотношение уксусная кислота:хитозан — 35:1. Смесь перемешивают в течение 30–40 мин до полного растворения хитозана.

К полученному раствору хитозана прибавляют изопропиловый или этиловый спирт при соотношении раствор хитозана:изопропи-

Технологическая схема получения сукцината хитозана



ловый спирт 1:1,2. Полученную реакционную массу перемешивают в течение 1 ч при температуре 40–45 °С и скорости вращения мешалки 300 об/мин.

По истечении указанного выше времени к раствору полимера в условиях интенсивного перемешивания (скорость вращения мешалки 1500 об/мин) небольшими порциями в реактор вносят янтарный ангидрид в количестве 1 % к массе раствора. Реакционную массу перемешивают в течение 1 ч при 300 об/мин до образования однородной суспензии белого цвета.

К суспензии сукцината хитозана в реактор при постоянном перемешивании, температуре 18–20 °С порциями приливают 25 %-ный раствор гидроокиси натрия при соотношении гидроокись натрия : суспензия 1:25. Образовавшийся белый хлопьевидный осадок натриевой соли сукцината хитозана отделяют от водно-спиртового маточника на вакуум-филт্রে при остаточном давлении 1 мм рт. ст., рН осадка — не выше 8,5.

Водно-спиртовой маточник, отделенный от сукцината хитозана, направляют на регенерацию.

Обезвоженный сукцинат хитозана сушат при температуре не выше 60 °С в течение 1,5–2 ч.

Высушенный сукцинат измельчают на коллоидной мельнице до порошкообразного состояния, расфасовывают в пакеты из полимерных материалов предельной массой продукта 1 кг.

Гарантированный срок хранения продукта не более 12 мес, при относительной влажности воздуха не более 80 %.

В соответствии с заключением Госсанэпиднадзора РФ сукцинат хитозана рекомендован к использованию в косметических средствах.

В пищевой промышленности находит применение "микрористаллический" хитин, получаемый из очищенного хитина путем его кислотного гидролиза в течение 30 мин при температуре около 100 °С. Такой хитин, суспендированный в водной среде, образует устойчивые вязкие дисперсии, сохраняющие вязкость и однородность в течение длительного времени, а также при замораживании и стерилизации. Благодаря этому "микрористаллический" хитин можно использовать в качестве загустителя и стабилизатора для пищевых продуктов, приготовление которых связано с использованием различных температур.

7.5. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИТИНА И ХИТОЗАНА

Технология хитина, определяемая постадийным отделением различных компонентов панциря ракообразных, предусматривает в большинстве случаев обработку двухфазных суспензий, в которых твердая фаза представляет собой панцирь, а жидкая фаза — раствор того или иного реагента. Обычно обработка таких суспензий происходит при их интенсивном перемешивании и нагревании. Для этой цели обычно используют реакторы, снабженные паровыми рубашками или с электрообогревом и имеющие перемешивающие устройства различных конструкций. Ввиду агрессивности реагентов, используемых для обработки панциря (щелочи и кислоты), а также продуктов, получаемых в процессе обработки (белки, минеральные вещества), реакторы обычно выполняют из коррозионностойких материалов. Лучшим материалом, обеспечивающим наивысшее качество полимера, является стекло, но крупнотоннажное оборудование обычно выполняется из никельсодержащих сталей или из нержавеющей стали, покрытой кислото- и щелочеустойчивыми эмалями.

Каждая стадия обработки панциря с целью выделения хитина чередуется с разделением суспензий на твердую и жидкую фазы. Эти операции обычно выполняют с помощью фильтрующего оборудования, либо на центрифугах и сепараторах различных конструкций, обеспечивающих эффективное разделение суспензий при минимальных потерях целевого продукта.

Требования к материалам для изготовления сепарирующего оборудования обычно те же, что и для изготовления реакторов. Кроме того, на стадии выделения полимера из панциря для оснащения основного оборудования применяют трубопроводы, мерники, насосы, вентили, пригодные для перекачки и дозирования агрессивных реагентов и продуктов реакций, о которых было сказано выше.

Сушка хитина и хитозана проводится в мягких условиях, препятствующих их ороговению и потере растворимости, для чего применяют сушильные аппараты (вакуумные, в псевдокипящем слое и других конструкций), обеспечивающие эти условия.

Хитин и хитозан представляют собой материалы, устойчивые к истиранию, поэтому для дробления готового продукта используют шаровые, молотковые мельницы, дисмембраторы и другие устройства, обеспечивающие требуемую степень измельчения.

Оборудование указанных видов серийно выпускается для различных производств как в нашей стране, так и за рубежом. Компоновка линий стандартным оборудованием может быть осуществлена в соответствии с конкретными условиями и требованиями производителя.

7.6. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ХИТОЗАНА

Многообразие областей применения хитозана привело к появлению на отечественном рынке полимеров, отличающихся друг от друга своими физико-химическими характеристиками.

Сложившаяся на рынке конкуренция требует от каждого производителя, занимающегося производством хитина и хитозана, специализации в узкой области использования этих продуктов.

К качеству хитозана, вырабатываемого отечественной промышленностью, предъявляются следующие требования:

Внешний вид	Порошок, чешуйки или хлопья с размером частиц не более 3,2 мм	
Цвет	От белого до кремового или розового	
Массовая доля воды, %, не более		10,0
Массовая доля минеральных веществ, %, не более		1,5
Массовая доля нерастворимых веществ, %, не более		1,0
Кинематическая вязкость, сСт, не менее		150,0

ВНИРО разработана классификация хитозана в соответствии с требованиями потребителей, предусматривающая введение трех сортов (табл. 101).

Классификация хитозана и его характеристика

Таблица 101

Наименование показателя	Характеристики и нормы		
	А	В	С
Внешний вид	Хлопья, чешуйки или порошок		
Цвет	От белого до кремового или серовато-розового		
Запах	Свойственный данному продукту без постороннего запаха		
Массовая доля воды, %, не более	10,0	10,0	10,0
Массовая доля минеральных веществ, %, не более	0,7	1,5	2,0
рН, не более	7,5	7,5	7,5
Степень дезацетилирования, %, не более	85,0	85,0	75,0
Массовая доля нерастворимых веществ, %, не более	0,2	0,5	1,0
Кинематическая вязкость, сСт, не менее	250,0	150,0	100,0

Хитозан классов А и В применяют в качестве биологически активной добавки в пищевой промышленности и косметике, класса С — в сельском хозяйстве.

Работами Дальрыбвтуза [35] показано, что видовой состав микрофлоры хитина и хитозана идентичен, а общая микробная обсемененность хитозана обычно на порядок ниже обсемененности хитина. Средние значения общего микробного числа для хитозана выражаются числами 1×10^3 — 1×10^4 кл/г. При этом среднее число психрофильных форм в 4–5 раз ниже, чем мезофильных.

Среднее значение количества спор аэробных мезофилов в хитине и хитозане находится в пределах от 2×10^4 до 3×10^4 спор/г.

Разработаны нормативные микробиологические показатели для хитозана, используемого на пищевые цели, указывающие, что допустимое микробное число не должно превышать 1×10^4 кл/г, плесневых грибов — не более 2×10^2 КОЕ/г, присутствие бактерий группы кишечной палочки (БГКП) в 1 г не допускается.

7.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИТИНА, ХИТОЗАНА И ИХ МОДИФИКАЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МЕДИЦИНЕ

Увеличивающиеся с каждым годом объемы производства хитина, хитозана обусловлены в первую очередь их уникальными свойствами и разнообразными направлениями использования.

К наиболее перспективным направлениям практического использования хитина, хитозана и их производных в настоящее время относятся:

- пищевая промышленность;
- медицина;
- парфюмерно-косметическая промышленность;
- сельское хозяйство;
- биотехнология;
- рыбоводство и др.

Пищевая промышленность

Широкое применение хитозана в производстве пищевых продуктов связано прежде всего с его нетоксичностью и биологической активностью. Впервые в России технология и нормативная документация на пищевой хитозан разработана ВНИРО в 1997 г. Институтом питания АМН проведены клинические испытания пищевого хитозана, разработаны рекомендации по его использованию в лечебно-профилактических целях:

- при лечении ишемической болезни;
- для снижения уровня содержания холестерина в крови;
- при нарушении жирового обмена для снижения избыточной массы тела;
- при дискинезии желчевыводящих путей и толстой кишки.

Рекомендуемая суточная доза хитозана — 1,5г в расчете на три приема.

В настоящее время ВНИРО совместно с центром "Биоинженерия" РАН разработана технология биологически активной добавки к пище "Хитан" в капсулированном и таблетированном виде, промышленное производство которой осваивается на экспериментальной базе ВНИРО и ЗАО "Биопрогресс".

Вязкостные характеристики растворов хитозана обеспечивают возможность использования его в качестве загустителя и структурообразователя для продуктов диетического питания, простых и многокомпонентных эмульсий, для соусов, паст, муссов.

Показана возможность и перспективность использования хитозана для создания формованных и структурированных продуктов, съедобных колбасных оболочек.

Добавление растворов хитозана в продукты различной влажности приводит к уплотнению, упрочнению структуры материала, увеличению его влагоудерживающей способности, увеличению срока хранения молочных продуктов и предотвращению их скисания в случае добавления к ним хитозана [47].

Оптимальная концентрация хитозана от 0,20 до 0,35 %.

Хитозан также используют для осветления пива, соков, вин.

Способность хитозана сорбировать радионуклиды была использована отечественными учеными при разработке диетическо-

го печени для питания больных, пострадавших при аварии Чернобыльской АЭС.

Медицина

Потенциально самым крупным и дорогостоящим рынком сбыта хитина и хитозана является здравоохранение. Хитин и его производные благодаря своим уникальным физико-химическим и биологическим свойствам оказались интересными объектами для использования в ряде областей медицины. Малая токсичность, заживляющая способность, антикоагулирующая и антитромбогенная активности хитина и его производных нашли широкое применение в хирургии. Мембранные пленки из хитина используют в качестве заменителя искусственной кожи при ожогах и ранах [90]. ВНИРО и Институтом химии древесины АН Латвийской ССР разработаны бумажные перевязочные материалы для лечения ран, в том числе экссудативных, ожогов. На этой основе была выпущена опытная партия бумажных перевязочных материалов.

Мембраны из хитозана обладают хорошими адгезионными свойствами и обезболивающим эффектом, при наложении их на ожог или рану ускоряется регенерация кожи. Для заживления ран также применяют тонкоизмельченный хитин или его смесь с лекарственными препаратами.

По сравнению с обычно используемыми против ожогов материалами искусственная кожа на основе хитина гораздо лучше вживается в ткань благодаря наличию в ее составе аминокислотных полисахаридов, в большом количестве присутствующих в человеческом организме.

Мембраны, полученные из N-ацетил и N-бензилиден-хитозана, предложено использовать при конструировании искусственной почки [88]. Такие мембраны обладают высокой механической прочностью, препятствуют прохождению в кровь токсических металлов.

Добавление хитозана к лекарственным препаратам способствует их пролонгированному действию, улучшается всасывание трудно-растворимых форм, при этом их эффективность увеличивается в 2-3 раза.

При применении хитозана для больных с внутрипеченочным холестазом, а также с язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки отмечается продолжительный терапевтический эффект, проявляющийся в уменьшении интенсивности кожного зуда, снижении содержания желчных кислот и холестерина в сыворотке крови, уменьшении интенсивности болевого синдрома в сочетании с улучшением слизистой оболочки и более быстрым заживлением язв. Биохимические исследования *in vitro* показали, что хитозан обладает сорбционной способностью в отношении желчных кислот.

Сходство структуры хитозана и гепарина обуславливает возможность применения сульфатированного хитина и хитозана в качестве средства против свертывания крови — антикоагулянта.

В последние годы все большее развитие получает еще одна область использования хитина и его производных для диагностики и лечения злокачественных новообразований. Показана противоопухолевая активность ацетилированных гексозаминов, получаемых из хитина, а также ингибирующее действие хитозана на рост злокачественных опухолей.

Парфюмерно-косметическая промышленность

Применение хитина и его производных в косметике связано с использованием их в качестве увлажнителя, эмульгатора, антистатика и смягчающего средства.

Широкое практическое применение в этой области началось в последние годы.

Опыт фирм Франции, Японии, ФРГ по использованию хитозана в области косметики свидетельствовал о перспективности этого направления.

В последнее десятилетие в России ряд косметических фирм ("Линда", "Диос", "Свобода" и др.) начали активно сотрудничать с предприятиями, занимающимися производством хитина, хитозана и их модификаций. Намечился рост производства косметической продукции на основе хитозана — кремы, шампуни, дезодоранты, лаки, зубные пасты, средства по уходу за волосами.

Сельское хозяйство

В области сельского хозяйства хитин и его производные применяются для обработки растений, в качестве добавки в корм животных и в качестве добавки к удобрениям.

Хитин-белковый комплекс, являющийся промежуточным продуктом в технологии получения хитина, служит экологически чистым средством борьбы с нематодами почв, снижающих урожай сельскохозяйственных культур. Указанный комплекс является источником медленно высвобождающегося азота, что позволяет использовать его в сочетании с удобрениями [4].

В последние годы препараты на основе хитозана используют для обработки семян сельскохозяйственных растений, что обеспечивает повышение урожая на 25—35 %. При этом стимулируется рост растений, увеличивается прочность *стебля* и корневой системы [64].

При предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур, особенно зерновых, небольшими концентрациями хитозана (0,05—0,1 %) повышается устойчивость растений к различным заболеваниям. Наибольший эффект отмечен при обработке озимой пшеницы против комплекса корневых гнилей и яровой пшеницы против бурой ржавчины.

В настоящее время использование препаратов на основе хитина и хитозана, особенно карбоксилметилированных производных, в сельском хозяйстве резко возрастает, при этом отмечается, что их использование обходится гораздо дешевле различных фунгицидов.

Специалистами ВНИРО и фирмой "Полипрост" разработана технология производства почвенных брикетов для выращивания овощных культур. Структурообразующие свойства хитозана и его высокая биологическая активность обеспечивают высокую степень газо- и водообмена в почвенной массе брикетов, что способствует интенсивному росту и развитию как надземной, так и корневой системы растений. Применение почвенных брикетов позволило на 1–2 недели сократить сроки созревания рассады, на 20–30 % увеличить урожайность высаженных в грунт растений, а также полностью исключить заболевания корневой и плодоносной частей растений.

Успешно осуществлены испытания ряда органо-минеральных композиций, основным компонентом которых является хитозан. При этом выявлено чрезвычайно высокое влияние этих препаратов на всхожесть семян.

Весьма положительное влияние препаратов проявилось при выращивании роз, наблюдалось ускорение роста и появление воскового блеска, бутоны становились крупнее и сочнее по окраске.

Препарат показал хорошие фунгицидные свойства против мучнистой росы и инсекцидные — против паутинного клеща.

Актуальность применения хитозана в борьбе с галловой нематодой обусловлено значительной зараженностью почвы в тепличных хозяйствах при выращивании овощей.

ВНИРО совместно с Всероссийским научно-исследовательским институтом гельминтологии им. Скрыбина (ВИГИС) проведены исследования по выявлению эффекта действия хитозана, полученного из криля, на галловую нематоду, при выращивании огурцов в тепличных хозяйствах "Белая дача" и "Горьковец". Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при внесении хитозана урожай огурцов повышался на 20–25 % по сравнению с контролем. При этом следует отметить, что препарат в виде раствора в 0,05 % уксусной кислоте вносили под корень растений 2–3 раза в течение вегетации растений.

Положительный эффект использования препарата проявлялся против стеблевой и корневой гнили растений.

В итоге проведенных исследований в тепличных хозяйствах Подмосковья на огурцах выявлено, что во всех вариантах опытов доминирующим активным началом в борьбе с галловой нематодой, стеблевыми и корневыми гнилями является хитозан.

С целью борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур ЗАО "Восток — МДТ" разработан препарат "Нарцисс" включаю-

ший 50 % хитозана, 20 % глютаминовой и 30 % янтарной кислот. Испытания "Нарцисса" на картофеле, пшенице, садовых и ягодных культурах показали нематодоустойчивость корневой системы растений при одновременном значительном повышении их урожайности. Промышленный выпуск "Нарцисса" освоен с 1998 г., применяют его в различных районах России.

Работы, проведенные Всероссийским НИИ защиты растений, свидетельствуют о том, что хитозан — биологически активное, экологически безопасное средство защиты растений, повышающее устойчивость сельскохозяйственных культур к заболеваниям. Защитное действие хитозана основывается на активации иммунных ресурсов растений в ответ на появление фитопатогенов.

Хитозан активно влияет на рост растений.

Биотехнология

В последние годы значительно возрос интерес к использованию хитина и некоторых его производных в качестве флокулянтов для концентрирования материалов органической, неорганической и биологической природы [96]. Флокулирующие свойства этих природных биополимеров могут быть использованы для очистки и осветления сточных вод, содержащих большое количество белка.

Хитин — единственное природное вещество, несущее положительный заряд, что обеспечивает ему возможность образовывать комплексы с белками.

Поскольку хитин и хитозан нетоксичны, возвращенные с их помощью из сточных вод белки и жиры могут быть использованы в качестве кормовых продуктов.

Хитин, хитозан, их полуфабрикаты и производные обладают высокой сорбционной емкостью к ионам тяжелых металлов, таким как ртуть, свинец, цинк, медь, хром, уран и др. Установлена также способность этих биополимеров связывать пестициды.

Даже в жестких условиях радиоактивного излучения, при которых разрушаются почти все известные полимерные вещества, хитин, хитозан и их производные сохраняют свои исходные свойства [85]. Радиационная устойчивость позволяет использовать эти биополимеры для извлечения отходов ядерного топлива.

Сорбционные свойства хитина и хитозана возможно использовать для очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов [99]. Степень очистки сточных вод от нефтепродуктов составляет 99,9 %. Нефть и нефтепродукты возможно удалять с поверхности воды морей и пресных водоемов с помощью распыления хитина и хитозана, при этом эффективность очистки 97—99,5 %. Отработанные полимеры используют в качестве топлива.

Хитин и хитозан являются перспективными носителями для иммобилизации ферментов в силу их высокой химической и биологической стойкости, механической стабильности, достаточной

проницаемости для субстрата и фермента, легкой активации для ковалентного связывания с ферментами.

Способность хитозана образовывать пленки позволяет использовать его для улучшения механических характеристик тканей и бумаг [85]. Обработка тканей и бумаги хитозаном повышает их прочность, адсорбционную способность, водостойкость.

Рыбоводство

Сухие и влажные рыбные корма при внесении растворов хитозана приобретают способность к формованию "в гранулы" необходимой формы и размеров.

Этот эффект широко используют при производстве гранулированных водостойких кормов.

Водостойкие гранулы, содержащие хитозан, приобретают плавучесть, что весьма важно при кормлении таких рыб, как радужная форель, тихоокеанские лососи и др.

Биологические испытания показали, что применение хитозана повышает эффективность использования рыбного корма в среднем на 19 % для сухого корма и на 13 % для влажного [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Освоение ресурсов антарктического криля диктуется потребностью расширения сырьевой базы рыбной промышленности. Огромная биомасса криля, высокая биологическая ценность веществ, входящих в состав его тела, а также доступность скоплений для орудий лова делают его важнейшим объектом промысла.

Криль является уникальным по своей природе источником получения высококачественной пищевой, кормовой, технической продукции и медицинских препаратов.

Однако традиционные методы переработки гидробионтов оказались неприемлемыми для получения из криля разнообразных продуктов в связи с небольшими размерами рачка и активным комплексом ферментов, что предъявляло жесткие требования к сохранности сырья, поскольку поднятый на палубу криль должен быть обработан в течение 2–4 ч с момента вылова.

Одной из особенностей промысла криля является ограничение его по сезонам года. Общая продолжительность промысла в Антарктике составляет 3–4 мес. в приматериковых водах и Южной части моря Скотия (Южные Оркнейские, Южные Шетлендские острова), а также в водах Индийского и Тихого океанов.

В водах острова Южная Георгия промысел в отдельные годы может длиться по 5–6 мес.

Накопленные в период 1970–1995 гг. данные по химии криля, его изменениям при хранении, холодильной и тепловой обработке позволили разработать и обосновать промышленную технологию и создать принципиально новое оборудование для производства пасты, мяса и фарша криля, консервов, кормовой муки различных модификаций.

В соответствии с заключением Института питания АМН СССР и Киевского НИИ гигиены питания МЗ УССР продукты из криля обладают высокой пищевой ценностью и могут быть отнесены к категории диетических для использования в профилактике и лечении заболеваний эндокринной системы, язвенных болезней, ишемической болезни сердца и др.

Разработаны научные основы получения ферментов, каротиноидов, белковых пищевых волокон из криля и создание на их основе различных структурированных продуктов.

Способы и устройства для получения белковой пасты криля, мяса и фарша защищены авторскими свидетельствами, запатентованы в США, Японии, Канаде, ФРГ, Норвегии.

Схема наиболее рационального комплексного использования криля в системе море — берег представлена в табл. 102.

Таблица 102

Схема комплексного использования криля

ПРОДУКТЫ	МОРЕ	БЕРЕГ
П И Щ Е В Ы Е	ПАСТА "ОКЕАН"	КУЛИНАРИЯ
	Консервы	Консервы
	МЯСО КРИЛЯ	КУЛИНАРИЯ
Е В Ы Е	Консервы натуральные	Консервы с наполнителем
	ФАРШ ПИЩЕВОЙ	КУЛИНАРИЯ
К О Р М О В Ы Е	Консервы натуральные	Консервы с наполнителем
	МУКА ИЗ ЦЕЛОГО КРИЛЯ	
	Мука из отходов пищевого производства	
	ХИТИНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ	ХИТИН, ХИТОЗАН, КОРМОВОЙ БЕЛОК, КОРМОВЫЕ ГИДРОЛИЗАТЫ
	СЫРОМОРОЖЕННЫЙ КРИЛЬ	
	ВАРЕНО-МОРОЖЕННЫЙ КРИЛЬ	
		КОРМА ХИМИЧЕСКОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ

Особенности организации производства по данной схеме заключаются в максимальном приближении обрабатывающего производства к сырьевой базе при условии наиболее полной обработки сырья в море, за исключением переработки и производства кулинарии из мороженных полуфабрикатов, производства хитина и хитозана и ряда кормовых продуктов.

Хитин и хитозан принадлежат к тому классу природных полимеров, научный и практический интерес к которым в последние годы имеет устойчивую тенденцию к нарастанию, что обусловлено

новыми областями их применения, а также практической реализацией уже известных потребительских свойств хитозана и его химических производных.

Исследования хитозана, проведенные Институтом питания АМН СССР, свидетельствуют о его высокой биологической ценности, способности активно сорбировать холестерин, тяжелые металлы, положительно воздействовать на аллергические и хронические заболевания желудочно-кишечного тракта и др.

В итоге проведенных рядом организаций исследований антарктического криля, отраженных в данном Справочнике, создан научно-технический потенциал, позволяющий промышленности осуществлять задачи по его использованию.

Опыт эксплуатации ресурсов криля свидетельствует об экономической целесообразности развития промысла этого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреев М.П.* 1976. К технологической характеристике антарктического криля // Труды АтлантНИРО.- Вып. 56.- С. 14-21.
2. *Андреев М.П., Быков В.П., Смирнов В.М.* 1981. Исследование влияния посмертного состояния криля на качество получаемого мяса // Технология переработки криля: Сборник научных трудов ВНИРО- М.: ОНТИ ВНИРО.- С. 68-72.
3. *Андреев М.П.* 1982. Разработка технологического процесса получения сыромороженого фарша из криля // Дис... канд. техн. наук.— М.— 228 с.
4. *Араки Я., Ито Е.* 1981. Метаболический путь образования хитозана. Ферментное дезацетилирование хитина // Biochemical and Biophysical Research Communication.
5. *Биденко М.С., Расулова Т.А., Одинцов А.Б.* 1981. Об активности протеолитических ферментов антарктического криля // Исследования технологических характеристик и процессов обработки антарктического криля: Сборник научных трудов.- Калининград: АтлантНИРО.— С. 15—18.
6. *Бобровская Н.Д., Кардашев А.В., Вайтман Г.А.* 1981. Об изучении протеолитических и липолитических ферментов криля // Технология переработки криля: Сборник научных трудов.- М.: ОНТИ ВНИРО- С. 16—20.
7. *Богданов В.Д., Суркова Т.А.* 1985. Улучшение плавучести гранулированного рыбного корма // Рыбное хозяйство.- № 5.— 33 с.
8. *Бржежевски М.М.* 1982. Получение хитина/хитозана из панцирей антарктического криля (*Euphausia Superba*) в промышленном масштабе // Материалы международной конференции по хитину и хитозану.— Саппоро. Япония. Перевод КЕ-57232. Киев.- 1983.
9. *Быков В. П., Сторожук А. Я., Разакова Т.Н., Соломатина Л.Ф., Сидорова Е.М.* 1978. Химический состав криля // Рыбное хозяйство.— № 10.— С. 69-73.
10. *Быков В.П., Сторожук А.Я.* 1981. Химический состав и технологическая характеристика криля-сырца // Технология переработки криля: Сборник научных трудов.- М.:ОНТИ ВНИРО.- С. 7-16.
11. *Быков В.П., Сныткин И.И., Быкова В.М.* 1998. Способ получения хитозана из ракообразных.- Пат. РФ № 2116733.

12. *Быкова В.М., Кривошеина Л.И., Алексеев С.М., Захарова Е.И., Голубева О.А.* 1997. Водорастворимые производные хитозана // Технология рыбных продуктов: Сборник научных трудов.— М.: Изд-во ВНИРО.— С. 225-228.
13. *Выговская Г.П., Шинова А.Г.* 1975. Некоторые характеристики хинолитических ферментов криля // Тезисы докладов IV научно-технической конференции Дальрыбвтуза.— Владивосток.— С. 89-90.
14. *Гамзазаде А.М., Скляр А.М., Рогожин С.В.* 1985. Некоторые особенности получения хитозана // Высокомолекулярные соединения.- Т.(А).— XXVII.- ПБ.
15. *Горбачева И.И.* 1990. Разработка способа получения водорастворимых сульфатов хитозана и хитина и исследование их свойств: Автореферат дис... на соискание ученой степени канд. хим. наук.— М.: МГИ.— 32 с.
16. *Егорова Л.Н., Копыленко Л.Р., Сидорова Е.М.* 1970. Изменение аминокислотного состава сырья в процессе приготовления кормовой муки из каспийской кильки // Технология рыбных продуктов: Сборник научных трудов.— М.: ОНТИ ВНИРО.— Т. LXXIII.— С. 179-187.
17. *Елизаров А.А.* 1969. О гидрологических условиях в море Скотия в феврале - марте 1965 года // Труды ВНИРО.— М.: ОНТИ ВНИРО.— Т. 66.— С. 63-72.
18. *Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г.* 1980. Комплексное использование морских организмов.— М.: Пищевая промышленность.— 279 с.
19. *Ильичев Е.Ф.* 1965. Химический состав криля и использование его на кормовые и пищевые цели // Антарктический криль.— Калининград.— С. 54-59.
20. *Картинцев А.В.* 1981. Микрофлора криля-сырца // Технология переработки криля: Сборник научных трудов.— М.: ОНТИ ВНИРО.— С. 38—40.
21. *Касаикина О.Т., Лобанова Т.В.* 1981. Содержание каротиноидов и природных антиоксидантов в липидах криля // Технология переработки криля: Сборник научных трудов.— М.: ОНТИ ВНИРО.— С. 31—38.
22. *Клумов С.К.* 1963. Питание и гельминтофауна усатых китов в основных промысловых районах Мирового океана // Труды ИО АН СССР.— Т. 71.— С. 94-194.
23. *Колодзейская М.В.* 1989. Проблемы технологии переработки нетрадиционного сырья из объектов дальневосточного промысла: Сборник научных трудов.— Владивосток: ТИПРО.— С. 16—26.
24. *Любимова Т.Г., Макаров Р.Р., Шуст К.В., Лисовенко Л.А., Земский В.А., Студенецкая И.С.* 1983. Биологические ресурсы Южного океана // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ. Сер. Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана.— Вып. 2.— 52 с.
25. *Людгерус Л.Л.* 1982. Возможности использования ферментных препаратов в рыбопереработке // Э.И. ЦНИИТЭИРХ. Сер. Обработка рыбы и морепродуктов.— Вып. 10.
26. *Макаров Р.Р., Шевцов В.В.* 1969. К биологии антарктического криля / Труды ВНИРО.— М.: ОНТИ ВНИРО.— Т. 66.— С. 176-205.

27. Макаров Р.Р. 1972. Жизненный цикл и особенности распределения *Euphausia superba* Dana // Труды ВНИРО.- М.: ОНТИ ВНИРО.- Т. 77.- С. 85-92.
28. Макаров Р.Р., Шевцов В.В. 1978. Биология и распределение *Euphausia superba* Dana // Отчет XVI рейса НПС "Академик Книпович".— Рукопись.— 42 с.
29. Макаров Р.Р. 1980. Изучение состава популяции *Euphausia superba* Dana // Биологические ресурсы атарктического криля.— М.: ОНТИ ВНИРО.- С. 89-113.
30. Макаров Р.Р., Сторожук Ф.Я., Быков В.П. 1991. Методические рекомендации по оценке качества криля-сырца на основе биологических и биохимических показателей.— М.: ОНТИ ВНИРО.— 57 с.
31. Макаров Р.Р., Меньшенина Л.Л., Латогурский В.И. 1993. Промысел антарктического криля (*Euphausia superba* Dana) и проблемы рационального использования его ресурсов // Антарктика.— Вып. 32.— С. 11 — 124.
32. Манская СМ., Дроздова Т.Н., Тобелко К.И. 1954. Образование меланидов из хитина // Доклады АН СССР.- Т. ХСVI.- № 3.- С. 569-572.
33. Масленников В.В. 1972. О влиянии динамики вод на распределение *Euphausia superba* Dana в районе острова Южная Георгия // Труды ВНИРО.- М.: ОНТИ ВНИРО-Т. 75.- С. 107-117.
34. Масленников В.В. 1979. Особенности горизонтальной циркуляции вод в районе острова Южная Георгия // Антарктида.— М.: Наука.— Вып. 18.-С. 140-143.
35. Методические указания по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевого хитозана // Владивосток: ВРПО Дальрыба, 1985.- 17 с.
36. Мина С, Ивамото Р., Иосикава С. 1982. Высокодезацетилированный хитин и его свойства // Материалы международной конференции по хитину и хитозану.— Саппоро. Япония.
37. Насу Х. 1975. Освоение промысла криля и его будущее // "Суйсанкай".- № 11 (№ 1091).- С. 3-15 (яп).
38. Новикова М.В., Рехина Н.И., Горбунов К.А., Абрамова Л.С, Агапова С.А. 1989. Создание продуктов новых форм из криля и рыбы пониженной товарной ценности // Новые белковые продукты на основе гидробιονтов: Сборник научных трудов.— М.: ОНТИ ВНИРО.— С. 24—29.
39. Нудьга Л.А., Плиско Е.А., Данилов С.Н. 1971. Получение хитозана и изучение его фракционного состава // Органическая химия.— Вып. 14.— С. 2555-2558.
40. Паукова Л.М., Байдалинова Л.С, Мосолов В.В. 1986. Распределение и характеристика протеаз в отходах переработки криля // Комплексная переработка промысловых беспозвоночных: Сборник научных трудов АтлантНИРО.— Калининград.— С. 24—31.
41. Пенистом К.П., Джонсон Э.Л. 1980. Способ получения хитозана // Пат. США №4195175.

42. *Плиско Е.А., Данилов С.Н.* 1965. Свойства хитина и его производные // Химия и обмен углеводов.— М.— С. 141 — 145.
43. *Плиско Е.А., Нудьга Л.А., Данилов С.Н.* 1971. Хитин и его химические превращения // Успехи химии.— Т. XVI.— Вып. 8.— С. 1470—1487.
44. *Пономарева Л.А.* 1963. Эвфаузииды северной половины Тихого океана, их распространение и экология массовых видов // М.: Изда-во АН СССР- 141 с.
45. *Ржавская Ф.М., Сорокина Е.Л., Макарова А.М.* 1989. Влияние различных факторов на изменения липидов мяса криля при его холодильном хранении // Технология криля: Сборник научных трудов.— М.: ОНТИ ВНИРО.—С. 11-29.
46. *Рогожин С.В., Гамзазаде А.И., Вайнерман Е.С.* 1986. Способ получения хитозана.— А.с. № 1363831.
47. *Роль Л.Н., Ярочкин А.П., Ерошкина М.Л.* 1983. Утилизация отходов производства крилевого мяса путем протеолиза // Тезисы докладов Первой Всесоюзной научно-технической конференции по производству и использованию хитина и хитозана из панциря криля и других ракообразных.— Владивосток: Дальрыбвтуз.— 40 с.
48. *Сафронова Т.М., Выговская Г.П., Шиголева Т.Д.* 1974. Биохимические свойства хитинсодержащего сырья // Э.П. ЦНИИТЭИРХ.— М.— Вып. П.—С. 3-7.
49. *Сафронова Т.М., Игнатюк Л.Н., Пластун В.И.* 1978. Пути использования отходов от разделки ракообразных // Обзор ЦНИИТЭИРХ. Сер. Обработка рыбы и морепродуктов.— М. 46 с.
50. *Сафронова Т.М., Диун В.М., Богданов В.Д., Шнейдерман СИ.* 1985. Производство кормовых, технических и медицинских продуктов из криля: Учебное пособие.— Владивосток: Дальрыбвтуз.— С. 66—69.
51. *Сафронова Т.М.* 1991. Сырье и материалы рыбной промышленности.— М.: ВО "Агропромиздат".- 290 с.
52. *Сорокин Ю.И.* 1911. Океанология // Биология океана.— М.: Наука.— Т. 1.— 125 с.
53. *Тесленко А.Я., Гирфанова Т.Ф., Медведев Ю.В.* 1983. Хитозан — активный флокулянт суспензий микроорганизмов // Тезисы докладов первой Всесоюзной научно-технической конференции по производству и использованию хитина и хитозана из панциря криля и других ракообразных.— С. 80-81.
54. *Федулов П.П., Яковлев В.И.* 1986. Аномалия гидрометеорологических условий в атлантическом секторе Южного океана // Рыбное хозяйство.— № 2.—С. 19-21.
55. *Феофилова Е.П.* 1986. Биологические функции и практическое использование хитина // Прикладная биохимия и микробиология.— Т. 20.— Вып. 2.
56. *Фудзита.* 1970. Способ получения хитозана.— Пат. Японии № 54-13599.

57. Шмелева В.Г., Яковлев В.И., Комладзе З.М. и др. 1983. Способ удаления белка панциря гидробионтов.— А.с. № 1274170.
58. Arai K., Watanabe T., Kinumaki T. 1976. Studies on the utilization of Antarctic krill // Bull. Torai. Reg. Fish. Res. Lab.- N. 85.- P. 1-12.
59. Austin P.R. 1977. Marine chitin properties and solvents // In: First International Conference on chitin/chitosan. Abstr. Boston.- P. 15.
60. Benayor G., Fowler S.W., Oregoni B. 1974. Flux of cadmium through euphausiids // Mar.Biol.- V. 27 (3).- P. 205-12.
61. Bongh W.A. et al. 1978. Influence of manufacturing variables on the characteristics and effectiveness of chitosan products. Chemical compositions, viscosity and molecular weight // Biotechnology and Bioengineering.- V. XX— P. 1931-1943.
62. Bottino N.R. 1975. Lipid composition of two species of Antarctic krill, *Euphausia superba* and *E. crysta/lorophias* // Comp. Biochem. Physiol. (B. Comp. Biochem.)- V. 50 (3).- P. 479-484.
63. Brine C.G., Austin P.R. 1974. Utilisation of chitin, acellulose derivative from crab and shrimp waste // Delaware Univ. Newarn Sea Grand Projects Rep.- V. 74- N. 19.- P. 12.
64. Coffient G, Compere P. 1986. Pore canals and organization of chitinoproteins in the cuticul of the crab *Careinus machas* // Chitin in Nature and Technology. Ed. by Muzzarelli R.A.A., Jenniaux C, Gooday G.W.— New Jork and London: Plenum Press.— P. 37—43.
65. Grautham G.J. 1977. The utilization of krill // Rome: FAO GLO/SO-77.- N. 3.
66. Everson J. 1977. The living resources of the Southern Ocean // FAO — 156 p.
67. Ferguson C.F., Raymont Y.K.B. 1974. Biochemical studies on marine zooplankton. 12: Futher investigation on *Euphausia superba* Dana // J. Mar. Biol. Assoc. UK.- V. 54 (3).- P. 719-25.
68. Filar J.D., Wiak M.C. 1977. Bulk and solution properties of chitin // J. First International Conference on Chitin/Chitosan. Abstr. Boston.— P. 14.
69. Hempel G. 1970. Antartic. The rich resources of the ocean // FAO. Fich. Techn. Rep.- N. 97- P. 197-203.
70. Herburn M.R. 1977. Tensile mechanical properties and transconformational changes of chitin // In: First International Conference on Chitin/Chitosan. Abstr. Boston.— P. 12.
71. Hood M.A. 1977. Chitin degradation in estuarine environments and implications in crustacean biology // In: First International Conference on Chitin/Chitosan Abstr. Boston.- P. 44.
72. Hsu S.C., Lockwood J.L. 1975. Antimicrobial Activity by Fractionated chitosan Oligomers // Appl. Mikrobiol.- V. 29.- N. 3.- P. 42.
73. Hunt S. 1970. Polysaccharide-protein complex in invertebrates // London — New York: Acad. Press.— P. 329.

74. *Irvin E.* 1980. Linear toxic constituents of plant food stuffs // Oxford: Academic Press.- P. 407-410.
75. *Janase M.* 1974. Modification of a Russian method for separation of heat coagulated protein from Antarctic krill // Bull. Tokai. Region. Fish. Res. Lab.— N. 78- P. 79-84.
76. *Kelly M.D., Lukaschewsky S., Anderson C.G.* 1978. Bacterial flora of Antarctic krill (*Euphausia superba*) and some other enzymatic properties // Food Sci.- V. 43.- N. 4.- P. 1196-1197.
77. *Kikuchi T., Kano S.* 1975. Analysis of the metal elements in *Euphausia superba* by UHF plasma spectra analyser // J. Tokyo Univ. Fish.— V. 62.— N. 1.- P. 11-17.
78. *Konagayu S.* 1980. Protease activity and autolysis of Antarctic krill // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.- V. 46 (2).- P. 175-83.
79. *Kuboto K. et al.* 1980. Odour of dried shell powder of Antarctic krill and of hydrolysate // J. Ayric. Chem. Soc. Jap.- V. 54 (9).- P. 727-731.
80. *Madhevan P., Pamachandran Nairk G.* 1977. Metal binding properties of chitosan prepared from prawn waste // In: First International Conference on Chitin/Chitosan Abstr. Boston.— P. 35.
81. *Makarov R.R., Naumov A.G., Shevtsov V.V.* 1970. The biology and the distribution of the Antarctic krill // In: Antarctic Ecology. London and New York.-V. 1.- P. 173-176.
82. *Man S.W.S.* 1962. The natural history and geography of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) // Disc. Rep.— V. 32.— P. 33—464.
83. *Moiseev P.A.* 1970. Some aspects of the commercial use of the Antarctic Seas // In: Antarctic Ecology. London and New York.— V. 1.— P. 213—216.
84. *Muziarelli R.A.A., Tubertini O.* 1971. Purification of Fallum (1). Nitrate column chromatography on chitosan // Mikrochim A.a.- N. 4.— P. 890—899.
85. *Muzzarelli P.A.A. O.* 1972 // Natural chelating polymers // N.Y Pergamon Press.- P. 177-227.
86. *Muzzarelli P.A.A.* 1974. Chitin // Oxford: Perganom Press.- P. 482-486.
87. *Nishinari K.* 1988. Hydrocolloids and properties of foods, mainly gelatinisation property // Food. Sci.- V. 9.- N. 30.- P. 20-33.
88. *Nokagami T., Tonomura K., Tanabe O.* 1966. Kogyo gijutsuin // Hokko Kenkyu Hokoku.- N. 30.- P. 19.
89. *Pequegnat W.E.* 1958. Whales, plankton and man // Sci. Amer.- V. 198.- N. 1.- P. 84-90.
90. *Petinson A.P* 1975 // US pat. N. 38621122
91. *Plate N.A.* 1976. Problems of polymer modification and the reactivity groups of macromolecules // Pure Appl. Chem.— V. 46.— P. 49—59.
92. *Sarhae D.U.* 1975. Dem krill auf der Spur // Expedition in Antarktische Gewasser. Umschau.- N. 75 (20).- P. 627-631.

93. *Seki N.R., Sakaya H., Onozama T.* 1977. Studies of proteases from Antarctic krill // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*- V. 43.- N. 8.- P. 955-962.
94. *Shibata.* 1978. Influence of manufacturing variables on the characteristics and effectiveness of chitosan products // *Biotechnology and Bioengineering.*— V. XX.- P. 1931-1943.
95. *Stifense.* Antibacterial Effect of Chitosan to *E. colicausing* Diarrhea of Piglets.
96. *Struszyk H., Pospieszny H., Kotlenskis P.* 1988. Some news of chitosan in agriculture, in chitin and chitosan source, chemistry, biochemistry, physical properties and applications elsewhere // *Applied Science.* London and New York, Proceedings of the 4 International Conference on Chitin and Chitosan, Trondheim, Norway.— P. 733—742.
97. *Shibata T.* 1979. Studies on the protein of fresh krill, experiments on board // *Bull. Tokai. Red Fish. Res. Lab.*- V. 110.- P. 17-33.
98. *Suzuki T.* 1981. Fish and krill protein processing technology // London: Applied Science Publishers Ltd.— P. 260.
99. *Takeda M., Tomida T.* 1979. Studies on chitin // Acetylation of chitin.— *Polym. J.* 11.- P. 27-32.
100. *Watanabe T., Arai K., Kinumaki K.* 1976. Studies on the utilization of Antarctic krill // *Bull. Tokai. Red. Fish. Res. Lab.*- V. 85.- P. 13-30.
101. *Yanase M.* 1974. Chemical composition of the Antarctic krill, *Euphausia superba*, by raw freezing and precooked freezing // *Bull. Takai. Red. Fish- Res. Lab.*- V. 77.- P. 97-102.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСНОВНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТАРКТИЧЕСКОГО КРИЛЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ОБЪЕМЫ ЕГО ВЫЛОВА	8
1.1. Биология криля	8
1.2. Запасы криля и возможные объемы его вылова	17
2. ХАРАКТЕРИСТИКА КРИЛЯ-СЫРЦА	22
2.1. Строение тела криля	22
2.1.1. Состояние панциря в период линьки криля	26
2.2. Размерно-массовый состав криля	27
2.2.1. Проведение массового промера рачков	27
2.2.2. Анализ массы криля	31
2.2.3. Питание криля	33
2.2.3.1. Анализ питания криля	33
2.2.3.2. Анализ цветности криля	37
2.2.4. Оценка степени зрелости криля	38
2.2.4.1. Отличительные особенности самцов и самок	39
2.2.4.2. Выделение молоди и созревающих самцов	40
2.2.4.3. Определение стадий зрелости самок	41
2.3. Физические свойства криля	42
2.4. Общий химический состав криля и отдельных его частей	44
2.4.1. Методы отбора проб для определения химического состава криля	45
2.4.1.1. Отбор проб для последующего определения общего химического состава криля в стационарных условиях	46
2.4.1.2. Отбор проб для определения общего химического состава на борту судна	46
2.4.1.3. Определение средней пробы и интервалов взятия проб	47
2.4.1.4. Экспресс-метод определения химического состава криля по данным биологического анализа	47

2.4.2. Общий химический состав криля	49
2.4.3. Общий химический состав отдельных частей тела криля	53
2.5. Биохимический состав криля	55
2.5.1. Азотистые вещества	55
2.5.2. Липиды криля	59
2.5.3. Витамины криля	66
2.5.4. Каротиноиды криля	68
2.5.5. Минеральные вещества	70
2.5.6. Углеводы	74
2.5.6.1. Моносахара и аминсахара	74
2.5.6.2. Хитин	75
2.5.7. Ферменты	76
2.5.8. Прочие вещества в криле	82
3. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ КРИЛЯ-СЫРЦА	86
3.1. Существующие способы лова криля	86
3.2. Посмертные изменения криля — автолитические и микробные процессы	88
3.3. Микрофлора криля	92
3.4. Первичная обработка криля	96
4. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КРИЛЯ	99
5. ПИЩЕВАЯ ПРОДУКЦИЯ ИЗ КРИЛЯ	101
5.1. Технология пасты "Океан"	101
5.1.1. Использование пасты "Океан" в промышленности и общественном питании	106
5.1.2. Технология консервов из пасты криля	107
5.2. Технология мяса криля	108
5.2.1. Варено-мороженое гранулированное мясо криля	110
5.2.2. Варено-мороженое мясо криля, полученное методом аэрошелушения	113
5.2.3. Варено-мороженое мясо криля, полученное на линии Н6-ИЛА	116
5.3. Технология натуральных консервов на основе мяса криля	119
5.3.1. Консервы из мяса криля, получаемые на линии НЮ-ИЛК-4	120
5.3.2. Консервы из мяса криля, получаемые на линии НЗ-ИЛ2Б	126
5.4. Технология фарша криля	128
5.4.1. Технологическая схема производства фарша из криля, разработанная АтлантНИРО	129
5.4.2. Технологическая схема производства фарша из криля, разработанная ВНИРО	133

5.5. Технология новых пищевых продуктов из криля	137
5.5.1. Продукция на основе белковых изолятов криля	141
5.5.2. Технология выделения каротиноидов криля	143
6. ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВЫХ ПРОДУКТОВ.	148
6.1. Сыромороженный и варено-мороженный криль	148
6.2. Корма химического консервирования.	152
6.3. Кормовые гидролизаты.	154
6.4. Кормовая мука.	156
6.4.1. Способ прямой сушки.	156
6.4.2. Прессово-сушильный способ.	158
6.4.3. Гранулированная кормовая крилевая мука.	161
6.4.4. Некоторые результаты биологических испытаний кормовой муки из криля.	164
7. ХИТИН И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ.	166
7.1. Структура и свойства хитина и хитозана.	167
7.2. Способы получения хитина.	169
7.2.1. Получение хитина химической обработкой.	170
7.2.2. Способы получения хитина на основе применения биотехнологических процессов	174
7.3. Способы получения хитозана.	175
7.4. Модификация хитина и хитозана.	180
7.5. Основное оборудование, применяемое для получения хитина и хитозана.	183
7.6. Требования к качеству хитозана.	184
7.7. Использование хитина, хитозана и их модификаций в различных отраслях промышленности и медицины.	185
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	192
ЛИТЕРАТУРА.	195

CONTENTS

INTRODUCTION	5
1. BASIC BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ANTARCTIC KRILL AND ITS CATCH POSSIBLE SIZES.	8
1.2. Krill biology.	8
1.3. Krill stocks and their catch possible sizes.	17
2. CHARACTERISTICS OF RAW KRILL	22
2.1. Structure of krill body.	22
2.1.1. Shell condition when krill moult	26
2.2. Size-mass composition of krill	27
2.2.1. Mass measurement of entomostracas.	27
2.2.2. Analysis of krill mass.	31
2.2.3. Krill feeding	33
2.2.3.1. Krill feeding analysis	33
2.2.3.2. Krill coloration analysis.	37
2.2.4. Estimate of krill maturity degree.	38
2.2.4.1. Distinctive features of males and females.	39
2.2.4.2. Isolation of juveniles and maturing males.	40
2.2.4.3. Determination of female maturity stages.	41
2.3. Physical properties of krill	42
2.4. Common chemical composition of krill and its individual parts.	44
2.4.1. Methods of sampling for krill chemical composition determination.	45
2.4.1.1. Sampling for following krill common chemical composition determination in the stationary conditions.	46
2.4.1.2. Sampling for krill common chemical composition determination on board the ship.	46
2.4.1.3. Determination of an average sample and intervals of sampling.	47
2.4.1.4. Express-method for krill chemical composition determination by biological analysis data	47

2.4.2. Krill common chemical composition	49
2.4.3. Common chemical composition of krill body individual parts	53
2.5. Biochemical composition of krill	55
2.5.1. Nitrogenous substances	55
2.5.2. Lipids of krill	59
2.5.3. Vitamins of krill	66
2.5.4. Carotenoids of krill	68
2.5.5. Mineral substances	70
2.5.6. Carbohydrates	74
2.5.6.1. Monosugars and aminosugars	74
2.5.6.2. Chitin	75
2.5.7. Enzymes	76
2.5.8. Other substances in krill	82
3. BASE TECHNOLOGIES OF RAW KRILL PRIMARY TREATMENT AND STORAGE	86
3.1. Exiting methods of krill catch	86
3.2. Posthumous changes in krill — autolytic and microbial processes	88
3.3. Microflora of krill	92
3.4. Krill primary treatment	96
4. THE MAIN TRENDS IN KRILL COMPLEX TREATMENT	99
5. FOOD PRODUCTS FROM KRILL	101
5.1. Technology of "Ocean" paste	101
5.1.1. "Ocean" paste use in industry and in public nutrition	106
5.1.2. Technology of canned products from krill paste	107
5.2. Technology of krill meat	108
5.2.1. Cooked-frozen granulated meat of krill	110
5.2.2. Krill cooked-frozen meat produced by aerodecortication method	113
5.2.3. Krill cooked-frozen meat produced on N6-ILA line	116
5.3. Technology of natural canned products on the basis of krill meat	119
5.3.1. Canned products from krill meat produced on N10-ILK-4 line	120
5.3.2. Canned products from krill meat produced on N3-IL2B line	126
5.4. Technology of krill farce	128
5.4.1. Process chart of farce production from krill devised by AtlantNIRO	129
5.4.2. Process chart of farce production from krill devised by VNIRO	133

5.5. Technology of new food products from krill.	137
5.5.1. Products on the basis of krill protein isolates.	141
5.5.2. Technology of krill carotenoids recovery.	143
6. TECHNOLOGY OF FEED PRODUCTS.	148
6.1. Raw-frozen and cooked-frozen krill.	148
6.2. Feeds of chemical canning.	152
6.3. Feed hydrolysates.	154
6.4. Meal.	156
6.4.1. Direct drying method.	156
6.4.2. Pressing and dryin method.	158
6.4.3. Granulated krill feed meal.	161
6.4.4. Some results of krill feed meal biological testings.	164
7. CHITIN AND ITS DERIVATIVES.	166
7.1. Structure and properties of chitin and chitosan.	167
7.2. Methods of chitin production.	169
7.2.1. Chitin production by chemical treatment.	170
7.2.2. Methods of chitin production by use of biotechnological processes.	174
7.3. Methods of chitosan production.	175
7.4. Chitin and chitosan modification.	180
7.5. Basic equipment for chitin and chitosan production.	183
7.6. Demands to chitosan quality.	184
7.7. Use of chitin, chitosan and their modificatiuous in varions branches of industry and medicine.	185
CONCLUSION.	192
LITERATURE.	195

АНТАРКТИЧЕСКИЙ КРИЛЬ

СПРАВОЧНИК

Заведующая редакцией *Г.П. Короткова*
Художественный редактор *Е.Э. Дятлова*
Корректор *А.П. Саркисян*
Компьютерная верстка *Л.И. Филатовой*

ЛР №020636 от 30.09.97

Подписано в печать 15.06.2001 г. Формат 60 x 84^{1/16}.
Печ. л. 13 + 6 с. вкл. Тираж 500 экз. Заказ № 2836

Издательство ВНИРО
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (095) 264-65-33
Факс: (095) 264-91-87