

УДК 664.951.65

А.П. Ярочкин<sup>1</sup>, Т.М. Бойцова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;

<sup>2</sup> Дальневосточный государственный технический  
рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОЦЕССЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВОГО ФАРША ИЗ МЕЛКИХ РЫБ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Рассмотрены основные положения принципа дезинтеграции мышечной ткани рыбы, дана характеристика дезинтегратора и определены рациональные режимы его работы. Установлено соответствие конструктивного решения отдельных узлов и системы машин в целом требованиям эффективной работы. Изучены технологические и физико-химические характеристики маломерных видов рыб, промежуточных измельченных фрагментов и фарша, что позволило установить рациональные режимы работы системы машин, в том числе режимов промывки и обезвоживания мышечной ткани для получения качественного промытого пищевого рыбного фарша. Представлены органолептическая, теххимическая оценки и биологическая ценность полученных фаршей, даны рекомендации его использования для приготовления готовых продуктов питания. В результате испытаний разработаны исходные требования, конструкторская документация, создана и прошла производственные испытания система машин (линия) производства пищевого фарша из маломерных рыб.

**Ключевые слова:** технология обработки, маломерные рыбы, пищевой фарш, ударные нагрузки, водная пульпа, суспензия, центрифугирование, дезинтеграция мышечной ткани.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-237-253.

**Yarochkin A.P., Boitsova T.M.** Technology, processes, and technical devices to manufacture mince of small-sized fish and its using // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 193. — P. 237–253.

New technology of small-sized fish processing is substantiated with shock loads that provides splitting of fish meat to fiber particles and their separating from skin and skeleton bones. The separation is realized by straining the water pulp, then the resulting suspension is thickened and the mince is produced in continuous centrifuges with screw discharging. Technological and physical-chemical characteristics of small-sized fish species are discussed. The main principles of the muscle tissue disintegration are considered, parameters of the disintegrator and rational modes of the process are determined. Optimal constructive solutions of certain units and the whole system of machines are designed for the most effective processing. Rational operating modes of washing and dehydration of the muscle tissue are determined taking into account

---

\*Ярочкин Альберт Павлович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: yarochkin@tinro.ru; Бойцова Татьяна Марьяновна, доктор технических наук, профессор, e-mail: boitsova\_tm@mail.ru.

Yarochkin Albert P., D.Sc., leading researcher, e-mail: yarochkin@tinro.ru; Boitsova Tatiana M., D.Sc., professor, e-mail: boitsova\_tm@mail.ru.

parameters of the intermediate crushed raw materials, as size of the particles and content of dry and dense substances. To improve the process of dehydration, an operation of preliminary thickening of the minced suspension is proposed and size of the net cloth is selected for better separation of the minced mass from washing waters. Centrifuges for final separation of the mince are recommended. Possibility of partial replacement of the fresh water for washing with the seawater is considered. Organoleptic and technical-chemical properties of the produced mince are assessed and its biological value is evaluated. The mince corresponds to requirements for the washed fish mince. In the tests of a full-automated processing line, its output reached 16 % of the raw materials. Recommendations for the mince using for manufacturing of ready-made food products are given. Initial requirements for the raw materials and design documentation for the system of machines (processing line) for processing of small-sized fish are presented.

**Key words:** processing technology, small-sized fish, fish mince, shock load, water pulp, suspension, centrifugation, disintegration of muscle tissue.

## Введение

Исполнилось 30 лет со дня завершения «технологического» рейса по мелким рыбам научно-исследовательского судна (НИС) «Профессор Дерюгин».

Этим рейсом была окончена более чем 10-летняя практика широкомасштабных комплексных исследований в области технологии и технических средств переработки гидробионтов в морских условиях. На НИС «Профессор Дерюгин» были начаты и завершены исследования по технологии очищенного мяса из криля, результатами которых стали линии первого и второго поколений, установленные на 14 судах ВРПО «Дальрыба» и на 6 специально спроектированных и построенных крилево-рыбных консервно-морозильных траулерах типа «Антарктида» проекта 1608, которые эксплуатируются до настоящего времени.

В последнем «технологическом» рейсе были проведены исследования и испытания макета линии переработки мелких рыб для получения пищевого фарша и продукции из него, завершившиеся положительными результатами. К сожалению, материалы исследования по ряду причин не были опубликованы, сейчас эта возможность появилась.

Необходимо отметить, что проблема использования маломерного рыбного сырья остается. Продолжаются исследования как по биологии мезопелагических рыб, так и по их переработке (Савиных, Байталюк, 2010; <https://www.fishnet.ru/> (2.02.2009); <https://www.fishnet.ru/> (11.02.2009); [https://www.fishnet.ru](https://www.fishnet.ru/) (27.06.2017)).

С 80-х гг. прошлого века переработка маломерных рыб является актуальной для большинства стран, имеющих развитое рыбное хозяйство (Япония, Норвегия, Исландия и др.). Основным продуктом при этом остается рыбный фарш, а основные технологические приемы сводятся к разделке рыбы длиной более 20 см на филе с отделением мяса от костей на мясо-костных сепараторах. При обработке рыбы длиной менее 20 см ее режут на кусочки длиной 1–2 см с дальнейшим удалением кожи, черной пленки и жира растворами уксусной или пропионовой кислот (рН 4), острым паром с последующей промывкой пресной водой и отделением фарша механическим способом (Скачков, 1974; Borresen, Alsted, 1983; Lee, Abdollahi, 1984; Рехина и др., 1986; Трухин, 1988).

Однако эти способы не решают проблему использования маломерных рыб, так как являются малопроизводительными и предполагают применение веществ, ухудшающих реологические свойства фаршей.

Нами были проведены исследования, основанные на свойстве мышечной ткани расщепляться на волокна при воздействии на рыбу ударных нагрузок (дезинтеграции).

Отделение расщепленной мышечной ткани от непищевых фрагментов из пульпы осуществляется процеживанием через сетчатую поверхность с относительно крупным размером ячеек. Последующим процеживанием через мелкоячеистую сетку или центрифугированием суспензии мышечные волокна — вода получают фарш (Ярочкин, 1985; А.с. № 1096773).

Цель настоящей работы — обосновать технологию и основные процессы обработки мелких рыб с применением дезинтеграции для получения пищевого фарша и его использование.

На основе лабораторных исследований был сконструирован и изготовлен макет экспериментальной линии получения фарша, который установили на НИС «Профессор Дерюгин». Испытания макета линии проводили в северо-западной части Тихого океана в 1986 г.

По результатам испытания судового макета линии изготовлено оборудование опытной системы машин (линии) производства пищевого фарша из маломерных рыб методом дезинтеграции. Линия была смонтирована на рыбозаводе о. Попова (г. Владивосток).

### Материалы и методы

Объектами исследований служили следующие виды рыб: дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus* и мелкий минтай *Theragra chalcogramma* (Южно-Курильский район); песчанка *Ammodytes hexapterus* (прол. Лаперуза), мавроликус *Maurolicus muelleri* (Императорские горы).

В составе макета технологической линии исследовали работу следующих устройств (табл. 1).

Таблица 1

Состав макета технологической линии

Table 1

Scheme of processing line

Наименование операции	Наименование устройства
Дозирование	Шнековый дозатор
Инспекция сырья	Сетчатый инспекционный конвейер
Гидромеханическое удаление внутренностей	Комплекс устройств гидромеханической разделки
Дезинтегрирование мышечной ткани	Дезинтегратор мышечной ткани
Отделение суспензии	Виброотделитель, шнековый отделитель, роторно-ситовой отделитель
Сгущение суспензий	Виброситовой и роторно-ситовой сгустители
Выделение фарша из сгущенной суспензии	Супердекантер HS-24 TP, центрифуга периодического действия

Проектные и конструкторские работы проводили по исходным требованиям, разработанным сотрудниками ТИНРО и Дальрыбтехцентра в результате лабораторных исследований. Макеты устройств для экспериментальной линии изготавливали в опытном цехе ТИНРО, на заводе Дальрыбтехцентра (г. Владивосток).

Определение размерно-массового состава гидробионтов проводили в соответствии с методикой\*. Отбор проб для анализа: вода, азот общий ( $N_{\text{общ}}$ ) — осуществляли по нормативам (ГОСТ 7630-96, 7636-85). Общие липиды устанавливали по методу Blich, Dyer (1959). Активность протеолитических ферментов определяли по нормативам (ГОСТ 20264-88). Водо- и солерастворимые белки находили по Lowry (Lowry et al., 1951).

Плотность осадка (фарша) и слива устанавливали пикнометрическим методом; водоудерживающую способность — методом Грау-Хамма в модификации ТИНРО (Мельникова, 1977). Предельное напряжение сдвига (ПНС) определяли пенетрометром КЗТ-4, липкость фарша — на приборе Николаева. Микробиологические показатели устанавливали стандартными методами (ГОСТ 10444.2-94, 10444.15-94, 26669-85, 26668-85, 30519-97, 30318-97). Исследования ультраструктуры проводили на электронном микроскопе ЭВМ-100 и УЕМ 100 В (увеличение в 21 тыс. раз). Белковая эффективность (коэффициенты: эффективности белка — PER, биологической ценности — BU, величина потребленного азота — A, усвояемость — D, утилизация белка — U, чистая утилизация белка — NPU) устанавливалась биологическим методом на растущих лабораторных животных.

\* Методика технохимического исследования рыбы и беспозвоночных. М.: ВНИРО, 1967. 73 с.

В опытах по определению белковой эффективности фаршей и продуктов на их основе были использованы белые крысы-самцы отъемыши с массой тела в пределах 40 г. Исследования проводили во Владивостокском государственном медицинском университете под руководством профессора В.А. Петрова.

### Результаты и их обсуждение

Выловленные для испытаний оборудования рыбы (табл. 2) имели различную длину (5–35 см) и массу (1,3–410,0 г). Колебания по содержанию белковых веществ и воды у этих рыб незначительны, как и следовало ожидать, в то же время содержание жира изменяется от 2 (минтай) до 12 % (мавроликус), песчанка и иваси занимают промежуточное положение.

Таблица 2

Технохимический состав сырья

Table 2

Technical-chemical properties of raw materials

Исследуемый объект	Длина, см	Масса, г	Съедобная часть (мясо), %	Содержание: в целом объекте/в съедобной части (мясе), %		
				Вода	Липиды	Белок, N × 6,25
Минтай <i>Theragra chalcogramma</i>	23,0–35,0	75,0–410,0	39,0–43,0	79,0–82,0	1,8–2,0	13,8–14,4
				82,0–86,0	0,6–0,8	14,9–15,2
Дальневосточная сардина <i>Sardinops melanostictus</i>	15,5–19,0	47,0–83,5	39,6–40,5	69,4–74,2	3,4–8,5	13,2–13,5
				69,2–71,0	2,5–7,2	14,6–15,2
Песчанка <i>Ammodytes hexapterus</i>	20,3	28,4	41,0	72,8	8,0	13,7
				75,0	1,8	15,2
Мавроликус <i>Maurolicus muelleri</i>	4,4–6,0	1,3–2,3	36,0–40,0	70,7	12,0	15,0
				72,8	7,8	16,7

Следовательно, в случае положительных результатов испытаний макета экспериментальной линии можно говорить о приемлемости предлагаемого способа получения пищевого фарша для всех видов рыб со сходными размерно-массовыми и химическими показателями.

**Гидромеханическая разделка рыбы** осуществляется тремя устройствами, функционально объединенными в один комплекс (рис. 1): гидрожелоб, по которому в устройство поступает рыба; двухвальная дисковая рыботорезка; гидрозжектор; отделитель внутренностей, состоящий из перфорированного ротора, внутри которого находится спираль для перемещения рыбы по длине ротора. На выходе ротор снабжен устройством выгрузки с радиально расположенными лопатками и отводным лотком. Под ротором расположен поддон с выпускным патрубком. Во вращение ротор приводится приводом.

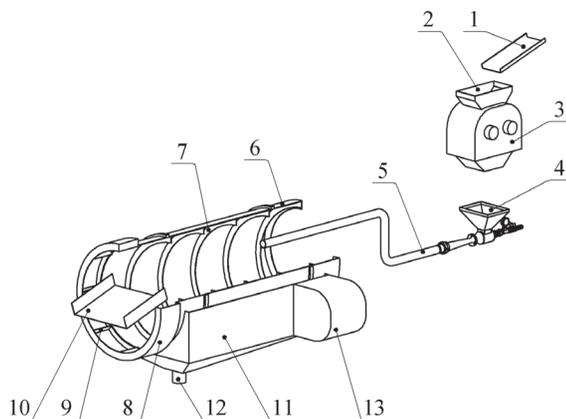


Рис. 1. Комплекс устройств для гидромеханической разделки рыбы: 1 — гидрожелоб; 2 — приемная воронка; 3 — рыботорезка; 4 — гидрозжектор; 5 — гибкий шланг; 6 — перфорированный ротор; 7 — спираль; 8 — устройство выгрузки; 9 — лопатки; 10 — отводной лоток; 11 — поддон; 12 — выпускной патрубок; 13 — привод

Fig. 1. Equipment for fish water-cutting: 1 — hydrogutter; 2 — intake funnel; 3 — fish cutter; 4 — hydrojector; 5 — flexible line; 6 — perforated rotor; 7 — spiral; 8 — outfeed; 9 — blades; 10 — collecting gutter; 11 — containment basin; 12 — outlet pipe; 13 — drive

Рыба по загрузочному лотку с небольшим количеством воды поступает в приемную воронку рыборезки. Вращающиеся навстречу друг другу ножи захватывают ее и разрезают на полосы. Толщина полос регулируется и определяется усредненной толщиной обрабатываемой рыбы. Разрезанная рыба всасывается эжектором, на который подается морская вода давлением 1,5–3,0 атм, что обеспечивает транспортировку рыбы с водой по гибкому шлангу в устройство отделения внутренностей. При прохождении по шлангу под действием турбулентных потоков воды происходит отрыв внутренностей от рыбы.

Отделение воды и внутренностей происходит через перфорацию ротора. Вода с отходами поступает в поддон и затем в устройство для отделения отходов. Разделанная рыба при вращении ротора по спирали перемещается в зону выгрузки, захватывается лопатками и выгружается на отводной лоток, по которому поступает на дальнейшую обработку.

При гидроразделке сардины иваси (длина ~18,3 см) и минтая (длина ~22,0 см) было установлено, что выход разделанной рыбы (табл. 3) составляет 78,0–88,0 %, отходы — 7,0–16,0 %, потери — 2,0–9,0 %. Количество внутренностей в полуфабрикате не превышает 1 %.

Таблица 3

Выход разделанного полуфабриката, отходы и потери при гидроразделке рыбы, % от сырья

Table 3

Output of semi-manufactured products and wastes in the process of fish water-cutting,  
% of raw materials

Зазор между ножами, мм	Иваси			Минтай		
	Полуфабр.	Отходы	Потери	Полуфабр.	Отходы	Потери
8,3	82,0	16,0	2,0	81,0	10,0	9,0
11,1	80,0	15,0	5,0	88,0	7,0	5,0
14,0	78,0	13,0	9,0	84,0	11,0	5,0

Вследствие малых размеров мавроликуса осуществить его разделку на вышеуказанном комплексе невозможно, но было установлено, что воздействие турбулентных потоков воды приводит к удалению брюшка, внутренностей, кожи и головы. При обработке мавроликуса в емкости с активатором, наполненной морской водой, у 95 % рыб оставалась чистая тушка, у 5 % наиболее крупных экземпляров кожа, брюшко и внутренности удалялись, а голова оставалась прикрепленной к тушке.

Проведенные исследования позволили установить технические характеристики основных узлов устройств гидромеханической разделки рыбы: диаметр ножей, их скорость вращения; зазор между ножами; количество ножей на одном валу; мощность электропривода; давление воды на эжекторе; расход воды; габариты ротора отделителя отходов.

Устройство обеспечивает разделку рыбы до 3500 кг/ч.

**Дезинтеграция мышечной ткани рыбы (ДМТР)** является основным технологическим процессом линии, определяющим ее назначение — получение фарша. Главный узел устройства — модуль дезинтегратора (рис. 2).

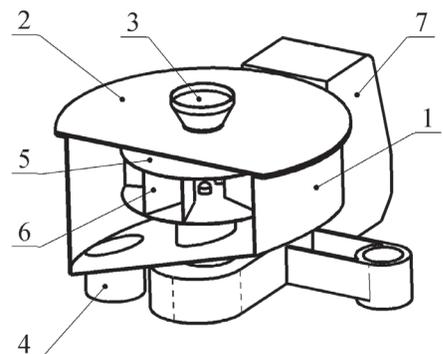


Рис. 2. Устройство модуля дезинтегратора мышечной ткани рыбы: 1 — обечайка; 2 — крышка; 3 — загрузочная воронка; 4 — выходной патрубок; 5 — ротор; 6 — лопасти; 7 — привод

Fig. 2. Scheme of disintegrating module for fish muscular tissue: 1 — feedwell; 2 — cover; 3 — hopper; 4 — outlet fitting; 5 — rotor; 6 — blades; 7 — drive

Модуль дезинтегратора состоит из цилиндрического корпуса с наклонным дном (обечайки), крышки с загрузочной воронкой и выходным патрубком. Внутри корпуса расположен ротор с лопатками, приводимый в движение электроприводом.

Принцип действия дезинтегратора заключается в обеспечении ударного взаимодействия быстродвижущейся рыбы, разгоняемой ротором, о неподвижную твердую поверхность обечайки модуля, вследствие чего, из-за различия в структурно-механических свойствах мышечной и соединительной тканей, происходит измельчение мяса рыбы без разрушения костей и кожи. Энергия удара, приводящая к разрушению мышечных тканей рыбы, достигается за счет высокой скорости соударений ткани рыбы с неподвижной поверхностью модуля.

Возникающие внутри модуля воздушные потоки обеспечивают передачу измельченных тканей рыбы в нижерасположенные модули, а из последнего модуля — к устройству разделения пульпы на суспензию мышечной ткани и отходы.

При исследовании работы дезинтегратора решались следующие задачи: определить рациональные режимы работы; установить соответствие конструктивного решения модуля и дезинтегратора в целом требованиям эффективной работы.

Критерием выбора скорости вращения ротора был взят максимальный выход измельченной мышечной ткани (фарша) без заметного ухудшения его качества. Дезинтегратор представляет собой агрегат, состоящий из расположенных на станине трех находящихся друг над другом модулей. Подача рыбоводной смеси происходит через воронку в верхней части первого модуля. Образующаяся в процессе дезинтеграции пульпа выходит через патрубок нижнего модуля.

Установлено, что условием стабильной работы дезинтегратора является обеспечение постоянного оттока пульпы из верхнего модуля к нижнему, так как при переполнении модуля пульпой процесс дезинтегрирования нарушается.

При 10-литровом объеме части модуля, расположенной ниже ротора, допустимый коэффициент заполнения, при котором обеспечивается устойчивый отток пульпы, равен 0,7. Проведенные исследования показали, что устойчивая работа дезинтегратора обеспечивается при соотношении воды и рыбы для сардины иваси 0,34 : 1,0, для минтая — 0,30 : 1,0. Прохождение пульпы от верхнего модуля к нижнему в этих случаях составляет 9 с. Таким образом, в установившемся режиме оттока пульпы из модуля ежесекундное ее поступление в модуль может составлять 0,77 л.

Для иваси и минтая, с учетом потерь массы при гидроразделке, производительность дезинтегратора по сырцу составит соответственно 2370 и 2570 кг/ч.

При равномерном распределении рыбы ротором по площади рабочей поверхности обечайки модуля (0,20 м<sup>2</sup>) нагрузка на рабочую поверхность модуля будет составлять 3,0 кг/см<sup>2</sup>.

При таких режимах нагрузки процесс дезинтегрирования идет эффективно, так как обеспечивается жесткий удар рыбы о внутреннюю поверхность обечайки модуля.

Установлено (рис. 3), что скорость вращения роторов для сардины, иваси, минтая, песчанки должна составлять 2200 об/мин, при этом выход фарша будет ~15 %, для мавроликуса — 1500 об/мин, выход фарша ~12 %.

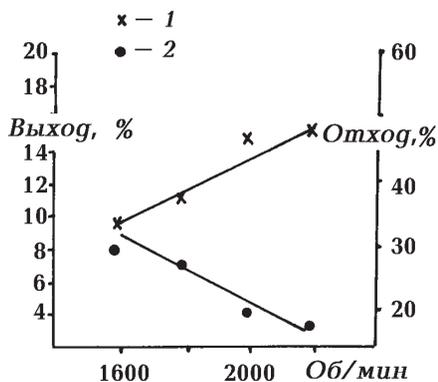


Рис. 3. Выход фарша, отходов при различных режимах работы дезинтегратора мышечной ткани рыбы: 1 — фарш иваси, 2 — отходы

Fig. 3. Output of mince and wastes in the process of muscle tissue disintegrating, by operating modes: 1 — mince (japanese sardine), 2 — wastes

Выявлено, что в фарше после ДМТР отсутствуют волокна красной мускулатуры, которые остаются на коже. Средняя длина частиц мышечных волокон в фарше сопоставима с длиной волокон белой мускулатуры (табл. 4) и составляет от 24 до 49 % от последней, причем длина фрагментов мышечных волокон возрастает по мере увеличения размеров рыб (Ярочкин, 1985; Ярочкин и др., 1985).

Таблица 4  
Средние размеры волокон в мышечных тканях рыб и частицах фарша, мкм

Table 4

Mean size of fibers in muscular tissue of fish and in the mince, mm

Вид рыбы	Длина рыбы, см	Белые волокна	Красные волокна	Фарш
Иваси	17,5	2000	2000	980
Минтай	23,0	5000	1500	1300
Песчанка	23,0	3000	2000	1000
Мавроликус	5,6	2000	1000	850

Таким образом, дезинтегратор мышечной ткани при рациональном режиме обработки разных видов рыб характеризуется следующими показателями: производительность по сырцу — 2300 кг/ч; выход фарша — 12,2–15,4 %; производительность по фаршу, кг/ч — сардина иваси — 354, минтай — 350, песчанка — 295, мавроликус — 280; расход пресной воды — 2,0–2,3 л/кг фарша; расход электроэнергии — 0,017–0,022 кВтч /кг фарша.

Полученные данные были использованы в исходных требованиях для проектирования линии производства пищевого фарша из маломерных рыб методом дезинтеграции.

**Отделение дезинтегрированной мышечной ткани рыбы от непищевых отходов.** Установлено, что отделение суспензии мышечной ткани от непищевых отходов можно осуществить процеживанием пульпы, выходящей из дезинтегратора, через сетчатое полотно. Рациональным является применение сетки из нержавеющей стали с ячейей 3 × 3 мм.

Испытывали 4 типа отделителей суспензии: вибрационный, цилиндрический, шнековый и роторно-ситовой. В результате анализа технических характеристик макетов отделителей суспензии, возможности их совершенствования, оценки конструктивной сложности и сложности санитарной обработки перспективным для использования в линии признан роторно-ситовой отделитель с площадью поверхности 0,86 м<sup>2</sup>, углом наклона ротора к горизонту 2–10° и скоростью вращения ≥ 25 об/мин.

Основной элемент данного устройства — вращающийся на оси сетчатый ротор, наклоненной под углом к горизонту. Ось одновременно служит душирующей трубой для промывки поступающей в ротор пульпы. Под ротором расположен лоток для приема суспензии. На станине устройства закреплен лоток для подачи пульпы в ротор. Над ситом снаружи размещена трубка с отверстиями для подачи сжатого воздуха с целью очистки сетки ротосита в процессе работы. Привод ротора осуществляется от приводной станции через цепную передачу.

Пульпа от дезинтегратора поступает по лотку во вращающийся сетчатый ротор и поднимается на некоторую высоту, при этом происходит уменьшение сцепления твердых частиц пульпы с сеткой и они скатываются вниз.

Под действием струй воды, которая поступает из душирующей трубки, происходит вымывание частиц измельченной мышечной ткани. Суспензия поступает в приемный лоток. После накопления определенной массы твердой части пульпы в роторе она начинает формироваться в жгут, который при вращении ротора постепенно перемещается к выходному лотку (А.с. № 1490744).

При испытаниях устройства (табл. 5) удельная производительность роторного сита по фаршу составила 110–142 кг/ч м<sup>2</sup>, расход пресной воды — 7–9 кг на 1 кг фарша в час.

Суспензии, получаемые из различных рыб, содержат сопоставимые количества сухих (16,0–50,0 кг/м<sup>3</sup>) и плотных веществ (29,0–60,0 кг/м<sup>3</sup>), со средними размерами

Test results for the rotor-sieve separator

Вид рыбы	Сырца на ДМРТ, кг/ч	Пульпа на отделитель, кг/ч	Вода на ДМРТ, кг/ч	Выход фарша	
				Кг/ч	% от сырца
Сардина иваси	800	1260	900	114,0	14,2
“	800	1260	1020	115,0	14,4
“	1000	1380	1020	141,0	14,1
“	1000	1380	1020	142,0	14,2
Минтай	800	1260	1020	110,0	13,7
“	800	1260	1200	110,0	13,7
“	1000	1380	1200	134,0	13,4
“	1000	1380	1200	134,0	13,4

частиц, указанными в табл. 4. Отмечаются повышенное содержание водорастворимого белка и активность протеаз (табл. 6) в суспензиях рыб с большим количеством красной мускулатуры (иваси и мавроликус).

Technical-chemical properties of suspensions

Вид рыбы	Содержание, кг/м <sup>3</sup>			Протеолитическая активность, мкмоль тир./г мин сухих веществ
	сухих веществ	плотных веществ*	водорастворимого белка	
Сардина иваси	16,0–37,0	62,0–225,0	2,55	25,8
Минтай	17,0–20,0	105,0–110,0	1,01	14,5
Песчанка	20,0–40,0	83,0–150,0	1,40	21,2
Мавроликус	31,0–50,0	97,0–220,0	2,78	27,7

\* Плотные вещества определяли количеством осадка, получаемого при осаждении суспензии на лабораторной центрифуге ЦЛС-31 в течение 10 мин при скорости ротора 58,3 с<sup>-1</sup>.

Конструктивная сложность роторно-ситового отделителя невысока. Недостатком является необходимость очистки рабочей поверхности (сетки) воздушными струями, что потребует включить в комплектацию линии компрессор производительностью 40 м<sup>3</sup>/ч с давлением 4–5 кг/см<sup>2</sup>.

По своим качественным показателям суспензии, полученные из разных видов рыб, не имеют существенных различий и характеризуются данными, приведенными в табл. 5 и 6.

**Сгущение суспензии.** Осаждение суспензий на центробежных устройствах различных типов — центрифуге периодического действия, горизонтальных осадительных центрифугах непрерывного действия с факторами разделения 1200 и 3500 g — показало, что качество фарша неудовлетворительно по цвету из-за осаждения пигментных зерен красящих веществ, крови, мельчайших частиц черной пленки и т.п. Относительно низкая концентрация плотных веществ суспензии обуславливает низкую производительность центрифуг. Для улучшения качества фарша и увеличения производительности центробежных устройств исследовали возможность получения сгущенных (процеженных) суспензий.

Процесс сгущения — это отфильтровывание мелкоизмельченных частиц совместно с водой в тонком фильтрующем слое. Фильтрация проводится через мелкоячеистые сита. Для интенсификации процесса используются вибрация сетного полотна и его очистка продувкой воздухом.

В результате проведения процесса сгущения происходит уменьшение объема суспензии, подаваемой на центрифугирование, а также удаляются красящие пигмен-

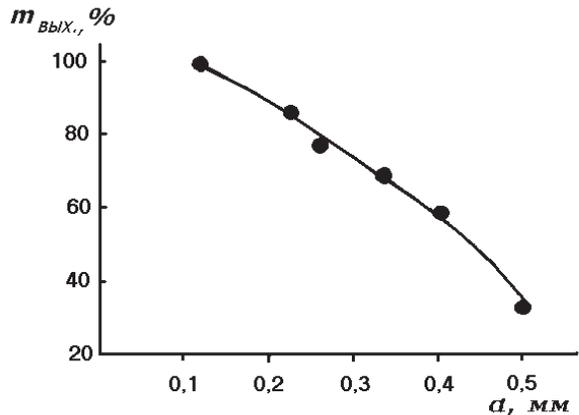
ты кожи, крови, черной пленки, чем исключается процесс дополнительной промывки фарша.

При исследовании устройств для проведения процесса сгущения определяли влияние размера ячеей сетного полотна на скорость сгущения и выход фарша; влияние концентрации суспензии на скорость процесса сгущения; устойчивость работы устройств в длительном режиме и их максимальную производительность.

Предварительными исследованиями установлено соотношение выхода сгущенной суспензии при работе на ситах с различными размерами ячеей: 0,112; 0,220; 0,250; 0,330; 0,400; 0,500 мм (рис. 4).

Рис. 4. Относительный выход сгущенной суспензии на ситах с различным размером ячеей

Fig. 4. Relative output of the thickened suspension on sieves with certain mesh size



Несмотря на более высокий выход по сгущенной суспензии при использовании сита с ячейей 0,112 мм, в экспериментальных работах по исследованию аппаратов оно не применялось из-за низкой скорости сгущения. Соотношение скоростей сгущения для сит с различной ячейей колеблется в широких пределах и зависит от таких факторов, как концентрация плотных веществ в суспензии, размеры частиц суспензии, жирность тканей рыб.

Для сит с ячейей 0,112 мм, 0,220 и 0,250 мм усредненное значение скоростей сгущения в установившемся режиме находится в соотношении 1 : (4–5) : (8–12).

Были испытаны два типа загустителей — ротационный и вибрационный, на которых сетчатое полотно имело размер ячеей 0,22 и 0,25 мм. По качественным показателям сгущенные суспензии, полученные на аппаратах различных типов, идентичны. Потери мышечной ткани при сгущении находятся на уровне 10,5 % и не превышают потерь при промывке в производстве фарша «сурими» по японской технологии. Содержание плотных веществ (табл. 7) в сгущенной суспензии ~450 кг/м<sup>3</sup> при влажности 90,0–94,0 %.

Таблица 7

Характеристика суспензий (сгущенной и сливных вод)

Table 7

Properties of the thickened suspension and discharging waters

Вид рыбы	Вид суспензии	Содержание сухих веществ, кг/м <sup>3</sup>	Содержание плотных веществ, кг/м <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Средний размер частиц, мкм
Иваси	Сгущенная	100,0	462,0	1020,0	–
	Слив. вода	17,0	47,0	1003,0	160
Минтай	Сгущенная	62,0	460,0	1017,0	–
	Слив. вода	12,0	25,0	1002,0	130
Песчанка	Сгущенная	70,0	450,0	1020,0	–
	Слив. вода	20,0	19,0	1001,0	180
Мавроликус	Сгущенная	54,0	430,0	1020,0	–
	Слив. вода	15,0	24,0	1003,0	102

При использовании загустителей кроме уменьшения объема суспензии практически полностью удаляются частицы, влияющие на окраску фарша.

Исходя из технических особенностей испытанных устройств, более приемлемым к эксплуатации в составе опытной линии был признан ротационный загуститель.

**Обезвоживание сгущенной суспензии** исследовали на осадительных аппаратах двух типов — фильтрующей осадительной центрифуге периодического действия (ЦФБ-1) и горизонтальной осадительной центрифуге непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка.

Исходными данными при подборе центрифуг стали: производительность по сгущенной суспензии — до 2000 кг/ч; максимальный размер частиц — до 2000 мкм; средний размер частиц — 850–1300 мкм; минимальный размер частиц — 100 мкм; плотность осадка (фарша) — 1020–1040 кг/м<sup>3</sup>; плотность слива — 1003–1009 кг/м<sup>3</sup>.

Испытаниями ЦФБ-1 была установлена нецелесообразность использования аппаратов периодического действия для обезвоживания фарша из-за сложности их обслуживания.

Горизонтальная осадительная центрифуга (супердекантер) непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка имела следующую техническую характеристику: производительность по суспензии — 1,0 м<sup>3</sup>/ч; мощность эл. двигателя — 3,7 кВт; скорость вращения ротора — 5000 об/мин; фактор разделения — 3500 G. Параметры ротора: диаметр ( $D_{сл}$ ) — 250 мм; длина ( $L_{сл}$ ) — 840 мм.

Центрифуга предназначена для отделения твердой фракции от жидкой и разделения жидкой на легкую и тяжелую. В представленной документации по центрифуге данных по характеристикам обрабатываемых суспензий и осадков не приводилось.

В первых экспериментах по разделению несгущенной суспензии из сардины иваси с концентрацией плотных веществ 30–100 г/л при производительности 0,7–1,0 м<sup>3</sup>/ч отделения фарша не произошло. Отделялось небольшое количество мазеобразной массы темного цвета.

Предстояло установить возможность работы центрифуги на различных суспензиях белкового характера, установить ее производительность, а также перспективность применения горизонтальных осадительных центрифуг (типа НОГШ) для разделения суспензии «измельченная мышечная ткань — вода».

Процесс разделения суспензии в горизонтальной осадительной центрифуге показан на рис. 5.

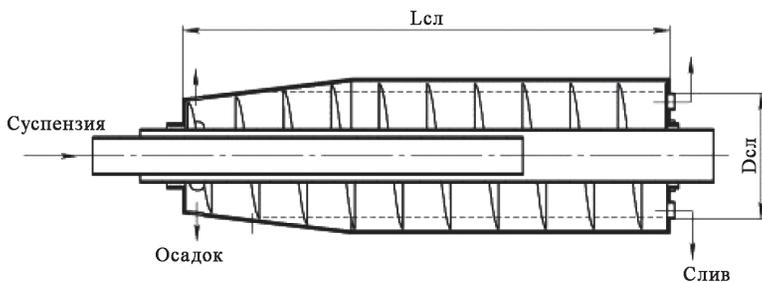


Рис. 5. Схема разделения суспензии в роторе центрифуги  
Fig. 5. Scheme of the suspension separating in centrifuge

Уравнение, связывающее производительность по суспензии и крупность разделения для центрифуг непрерывного действия, отстойных, горизонтальных со шнековой выгрузкой осадка имеет следующий вид (Романков, 1969):

$$V = 3,5 \frac{D_{сл} L_{сл} (\rho - \rho_{сл}) d^2 n^2}{\mu_{сл}}$$

где  $V$  — производительность центрифуги по суспензии, м<sup>3</sup>/с;  $L_{сл}$  — длина «сливного цилиндра», м;  $D_{сл}$  — диаметр «сливного цилиндра», м;  $n$  — скорость вращения ротора, об/с;  $\rho$  — плотность осадка, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{сл}$  — плотность слива, кг/м<sup>3</sup>;  $d$  — крупность разделения, м;  $\mu_{сл}$  — вязкость жидкости, нсек/м<sup>2</sup>.

Из величин, входящих в уравнение, нам предстояло определить  $\rho$ ,  $\rho_{сл}$  и  $d$ . Точность определения плотностей осадка и слива, а также крупности разделения существенным образом влияет на результат при расчете теоретической произво-

длительности. Для выполнения расчетов величину вязкости сливной жидкости ( $\mu_{сл}$ ) приняли равной 1,308 нсек/м<sup>2</sup> (вязкость воды при T = 10 °C), расчет теоретической производительности центрифуги выполняли для сгущенной суспензии.

Экспериментальные работы выполняли на свежевывловленных сардине иваси, песчанке, минтае после разрешения посмертного окоченения (Ярочкин и др., 1986).

Сгущенную суспензию получали после обработки рыбы на макете линии, в состав которой входили дезинтегратор мышечной ткани рыбы, ротационный отделитель и загуститель суспензии.

Плотности осадка и слива, крупности разделения, а также теоретическая и фактические производительности центрифуги представлены в табл. 8. Фактическую производительность определяли максимальным количеством суспензии, подаваемой на центрифугу, при котором наблюдается эффективное отделение осадка.

Таблица 8

Характеристика осадка и слива, теоретические и фактические производительности центрифуги при работе на сгущенных суспензиях

Table 8

Properties of the discharge and sediment and actual output of centrifuge in the processing of condensed suspensions

Вид рыбы	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{сл}$ , кг/м <sup>3</sup>	d, м	$V_T$ , м <sup>3</sup> /ч	$V_{ф}$ , м <sup>3</sup> /ч
Иваси	1020,0	1004,0	0,00007	0,09	0,22
Песчанка	1032,0	1002,0	0,00030	0,32	0,35
Минтай	1032,0	1004,0	0,00040	0,31	0,35

*Примечание.*  $\rho$  — плотность осадка;  $\rho_{сл}$  — плотность слива; d — крупность разделения;  $V_T$  — объем теоритический;  $V_{ф}$  — объем фактический.

Производительность по фаршу (осадку) при этом составила для иваси — 90 кг/ч, мойвы — 130, песчанки — 150, минтая — 140 кг/ч.

Как следует из проведенных исследований, горизонтальная осадительная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка разделяет суспензии из различных видов рыб, как жирных (иваси), так и тощих (минтай). Величины теоретической и фактической производительности центрифуги по суспензии и фаршу близки между собой для всех видов исследованных рыб, за исключением сардины иваси, что может быть объяснено относительно низкой концентрацией сгущенной суспензии из иваси.

Таким образом, на основании результатов испытаний было установлено, что для эффективного разделения суспензии из-за небольшого различия между плотностями осадка и слива фактор разделения для осадительных центрифуг должен находиться в пределах 3000–3500 г. Также было выявлено, что в линии получения фарша методом ДМТР целесообразно использовать горизонтальные осадительные центрифуги непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка (супердекантеры).

**Испытания макета экспериментальной линии в установленном режиме.** После экспериментов на каждом из указанных видов рыб и определения рациональных параметров работы каждого из макетов оборудования проводились испытания линии в непрерывном режиме.

Устанавливали балансные показатели экспериментальной линии: выход фарша, утилизируемые отходы и потери, расход пресной воды (табл. 9) и техникохимические показатели фаршей из исследованных видов рыб. Как следует из данных табл. 9, выход фарша из столь различных по размерному и химическому составу рыб колеблется от 11,8 % для мавроликуса до 15,5 % для минтая, количество утилизируемых отходов составляет от 53,8 % для иваси и до 66,7 % для мавроликуса.

Таким образом, из 1 т сырья (мелких рыб), направленного на обработку, можно получить 120–150 кг фарша и  $\approx$ 150 кг рыбной муки из утилизируемых отходов.

**Фарш и его использование при производстве кулинарных изделий и концентрата рыбного белка.** Исследование качественных показателей фаршей, полученных методом ДМТР и при ручной разделке рыб, показало (табл. 10) значительное

Таблица 9

Балансовые показатели макета экспериментальной линии\*

Table 9

## Balance characteristics of the experimental line

Вид рыбы	Выход фарша, %	Отходы после гидроразделки, %	Отходы после водоотделителя, %	Потери, %	Расход воды на 1 кг фарша, кг
Иваси	14,1	6,7	47,1	32,1	25,7
Минтай	15,5	7,9	47,5	29,1	24,0
Песчанка	12,4	5,8	47,2	34,6	26,7
Мавроликус	11,8	22,6	44,1	21,5	22,5

\* Выход фарша, отходы и потери в процентах от массы сырья, направленного на обработку.

Таблица 10

Технохимическая характеристика фаршей, полученных при ручной разделке рыбы (над чертой) и на линии дезинтеграции мышечной ткани рыбы (под чертой)

Table 10

Technical-chemical properties of the handle-made mince (numerator) and the mince produced with disintegrator (denominator)

Рыба	Содержание воды, %	Содержание в сухом веществе, %			Протеолитическая активность, мкмоль тир./г мин сух. веществ
		Липиды	Белок	Солераствор. белок	
Иваси тощая	71,0/83,2	8,6/5,4	89,9/93,1	35,2/54,2	12,7/7,1
Иваси жирная	61,1/81,0	54,4/34,2	44,1/64,3	24,4/34,7	7,7/5,3
Песчанка	75,0/86,0	7,2/5,7	91,3/92,8	36,6/49,2	7,9/4,8
Минтай	81,6/85,0	3,8/2,7	94,6/95,8	48,9/68,0	7,7/5,3
Мавроликус	72,8/80,0	16,2/6,0	82,4/92,5	30,9/40,0	22,1/15,0

уменьшение в первом фарше содержания жира, а также снижение активности протеаз при одновременном увеличении солерастворимых (миофибриллярных) белков по сравнению со вторым фаршем.

Структурно-механические свойства фаршей (табл. 11): прочность на продавливание, предельное напряжение сдвига и водоудерживающая способность — уменьшаются по мере увеличения жирности рыбы.

Таблица 11

Структурно-механические свойства фаршей

Table 11

## Structural and mechanical properties of the minces

Вид рыбы	Прочность на продавл., г	Предельное напряжение сдвига, Па	Липкость, Па	Водоудерживающая способность, %
Иваси тощая	350–400	74,3	7200	36,5
Иваси жирная	250–300	42,3	7300	36,7
Минтай	500–600	82,7	5000	45,3
Мавроликус	90–120	12,5	4500	34,7

Полученные на линии фарши являются промежуточными между обычными рыбными фаршами и промытым фаршем «сурими» японской технологии. Так, прочность на продавливание минтаевых образцов вареного «сурими» — 700–1200 г, фарша ручной разделки — 200–300, фарша, полученного методом ДМТР, — более 500 г.

При рассмотрении ультраструктуры фарша в сравнении с ультраструктурой мышечной ткани рыбы было подтверждено, что при прохождении через дезинтегратор миофибриллы сохраняют поперечно-полосатую конфигурацию, упорядоченны и не изменили своей параллельности. В то же время клеточные органеллы потеряли свой первоначальный вид, что обусловлено их вымыванием в ходе технологического процесса (рис. 6). Это приводит к повышению доли солерастворимых белков и способности фарша к структурообразованию.

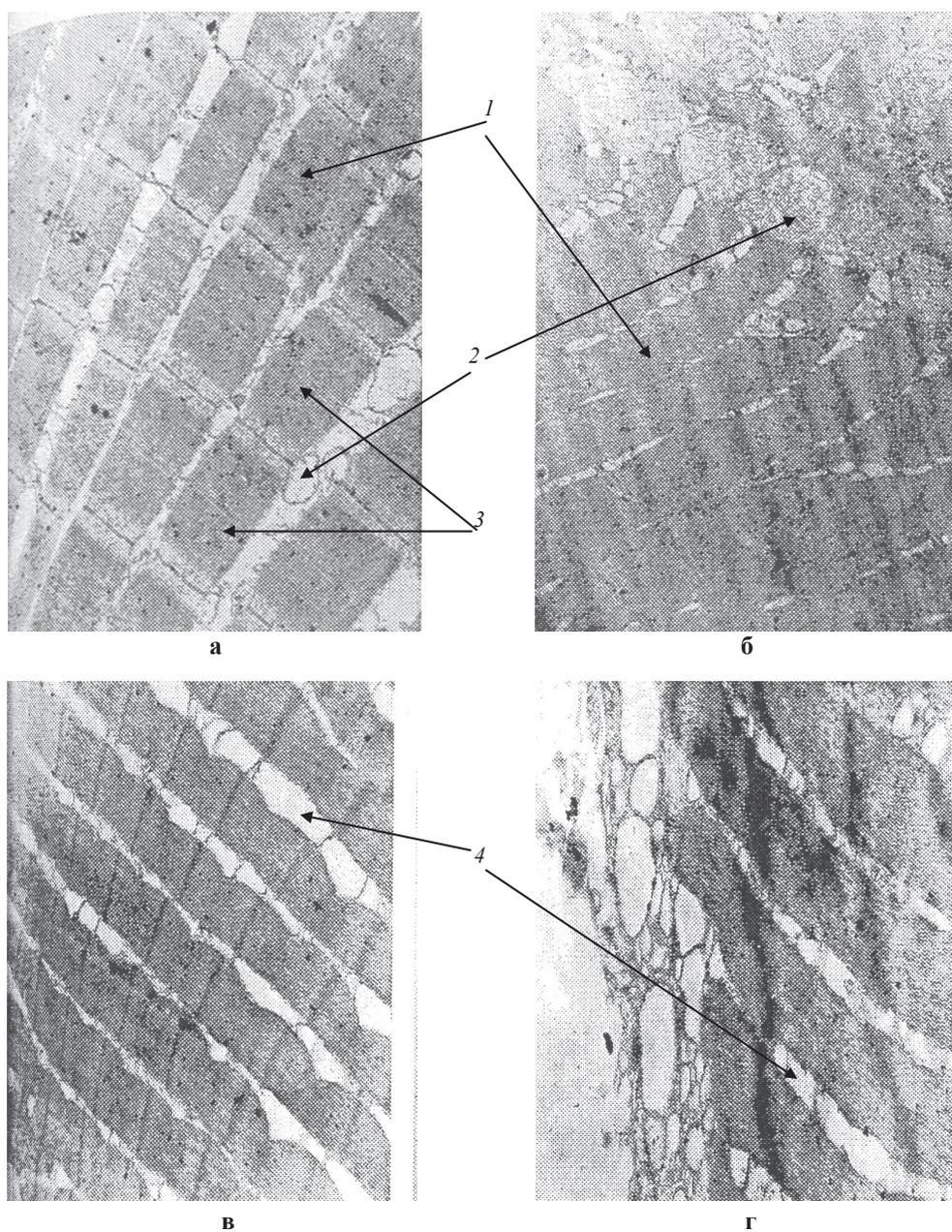


Рис. 6. Мышечная ткань свежей рыбы (а, б) и фарша (в, г), промытых в пресной воде: 1 — миофибриллы; 2 — органеллы клетки; 3 — саркомер; 4 — саркоплазма

Fig. 6. Muscular tissue of fresh fish (а, б) and the mince (в, г) washed in fresh water: 1 — myofibrils; 2 — cell organelles; 3 — sarcomere; 4 — sarcoplasm

Фарш минтая, обладающий наибольшими значениями структурно-механических свойств, использовали для колбасных изделий, фарш из остальных видов рыб — для формованной продукции (котлеты, палочки и т.п.).

Микробиологические исследования сырья и фарша показали (табл. 12), что микрофлора фарша аналогична микрофлоре рыбы (Ярочкин и др., 1986). Общее количество микроорганизмов незначительно увеличивается в процессе технологической обработки сырья.

Наличие бактерий группы кишечной палочки в мороженой песчанке и фарше из нее связано, очевидно, с нарушением процесса транспортировки и дефростации мороженой рыбы. Однако общее микробное число сырья и фарша не превышает до-

## Микробиологические показатели фаршей

Table 12

## Microbiological parameters of the minces

Объект исследования	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП
Иваси свежевыловленная	22 · 10 <sup>3</sup>	Не обнаруж.
Фарш	25 · 10 <sup>3</sup>	“
Песчанка свежевыловленная	22 · 10 <sup>3</sup>	“
Фарш	28 · 10 <sup>3</sup>	“
Мороженая	10 · 10 <sup>3</sup>	+
Фарш	18 · 10 <sup>3</sup>	+
Минтай свежевыловленный	20 · 10 <sup>3</sup>	Не обнаруж.
Фарш	30 · 10 <sup>3</sup>	“

*Примечание.* КМАФАнМ — количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов; БГКП — бактерии группы кишечной палочки.

пустимых норм (ТР ЕАЭС 040/2016). Анализы на присутствие сальмонелл, протей, спор анаэробов показали отсутствие этих микроорганизмов в исследованных пробах.

Для обоснования целесообразности производства пищевого фарша из маломерного рыбного сырья проведены сравнительные исследования биологической ценности фаршей и кормовой муки, полученных из одинаковых видов рыб.

Как следует из данных табл. 13, биологическая ценность фаршей из тощих (минтая) и жирных рыб (иваси) различается незначительно и несколько ниже этих же показателей для кормовой муки и казеина, тем не менее их можно отнести к продуктам, обладающим высокой биологической ценностью белка.

Таблица 13

## Биологическая ценность белка фаршей, полученных способом ДМТР, и кормовой муки из минтая и иваси

Table 13

## Biological value of protein from the minces produced with disintegrator and powder fodders from pollock and sardine

Показатель	Казеин (контроль)	Фарш минтая	Фарш иваси	Мука минтая	Мука иваси
PER	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,6 ± 0,1
A, мг	268,4 ± 8,2	238,5 ± 18,5	242,4 ± 26,8	261,3 ± 10,3	265,0 ± 9,1
D, %	86,9 ± 1,1	83,4 ± 1,3	84,5 ± 0,7	85,0 ± 2,7	86,4 ± 1,3
U, мг	198,6 ± 7,1	186,2 ± 14,4	195,1 ± 15,3	194,5 ± 11,2	199,7 ± 10,6
BU, %	76,8 ± 2,0	70,6 ± 1,3	73,0 ± 1,8	73,3 ± 2,78	74,9 ± 2,1
NPU, %	67,2 ± 1,6	62,4 ± 1,8	63,5 ± 3,3	65,4 ± 1,8	66,0 ± 2,7

*Примечание.* PER — коэффициент эффективности белка; A — величина потребленного азота; D — усвояемость; U — утилизация белка; BU — биологическая ценность; NPU — чистая утилизация белка.

Несложные расчеты показывают, что переработка маломерных рыб по варианту рыба → пищевой фарш + отходы → кормовая мука в 2 раза эффективнее по утилизации белка человеком, чем в варианте рыба → кормовая мука. В первом варианте мы избавляемся от необходимости использования части белка рыб для кормления сельскохозяйственных животных, так как коэффициент конверсии белка кормовой муки от сельскохозяйственных животных к человеку не превышает 15 % (Толстогузов, 1978).

**Линия получения фарша из маломерных рыб.** На основании лабораторных исследований были разработаны исходные требования и конструкторская документация на систему машин (линию) производства пищевого фарша из маломерных рыб методом дезинтеграции (рис. 7) и изготовлено оборудование. Линия была смонтирована на рыбозаводе о. Попова. Общая масса оборудования 6,4 т, площадь, занимаемая оборудованием, — 66 м<sup>2</sup>.

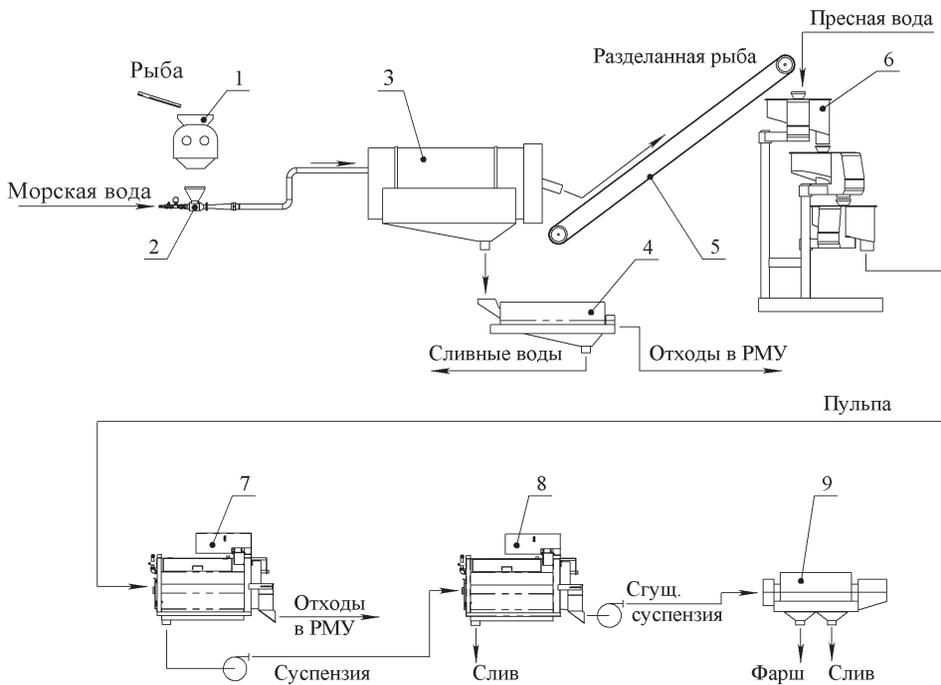


Рис. 7. Линия получения фарша из маломерных рыб методом дезинтеграции мышечной ткани: 1–3 — устройства для гидромеханической разделки (1 — рыботорзка, 2 — гидроэжектор, 3 — отделитель внутренностей); 4 — пресс шнековый для отделения воды из отходов; 5 — подъёмник разделанной рыбы; 6 — трёхкаскадный ДМТР; 7 — роторно-ситовой отделитель суспензии; 8 — загуститель суспензии; 9 — горизонтальная осадительная центрифуга

Fig. 7. Mince processing line for small-sized fish with disintegration of the muscular tissue: 1–3 — water-cutting block (1 — fish cutter, 2 — hydroejector, 3 — viscera separator); 4 — water separating press; 5 — elevator; 6 — three-stage disintegrator; 7 — rotor-sieve separator of suspension; 8 — suspension thickening unit; 9 — horizontal setting centrifuge

Работа линии осуществляется следующим образом. Свежая или дефростированная рыба из бункера через шнековый дозатор подается на сетчатый инспекционный транспортер (на рис. 7 не показаны), затем в устройства для гидромеханической разделки, где разрезается (1) преимущественно вдоль хребта на отдельные полосы и через водяной эжектор (2) подается на стечной барабан (3), в котором отделяются вода и отходы, поступающие после шнекового пресса (4) в рыбомучную установку.

Разрезанная рыба наклонным шнековым транспортером (5) подается на трехкаскадный дезинтегратор (6), где происходит расщепление мышечной ткани и ее отделение от соединительной и опорной ткани (кожи, скелета, остатков внутренностей и т.д.), при этом в дезинтегратор подается пресная вода, охлажденная до температуры  $< +10^{\circ}\text{C}$ . Образованная в дезинтеграторе пульпа самотеком поступает в роторно-ситовой отделитель суспензии (7), где суспензия мышечной ткани протекает сквозь сито в поддон, откуда винтовым насосом — в ротационный загуститель (8). Стущенная суспензия поступает в горизонтальную осадительную центрифугу (9), после чего полученный фарш направляют на дальнейшую обработку.

**Кулинарные изделия из рыбных фаршей.** Исходя из состава и свойств получаемых фаршей, они использовались в основном для приготовления кулинарных изделий — традиционной продукции, выпускаемой рыбной промышленностью. Ко времени проведения этой работы кулинарию из фаршей можно было выпускать по 6 государственным стандартам и 12 техническим условиям, действующим на Дальневосточном бассейне. Однако отличительной особенностью кулинарных изделий из фарша является их малая продолжительность хранения до реализации, не более 18–36 ч в зависимости от температуры хранения.

Был разработан новый ассортимент рыбной кулинарии — вторые замороженные обеденные блюда с жидким гарниром. Они представляют собой рыбные котлеты из различных видов фарша в плотном томатном или белом соусе, приготовленных с добавлением пассерованных овощных компонентов. Котлеты после формовки обжаривают традиционным способом или ИК-излучением (Ильченко и др., 1989).

Готовые котлеты расфасовывают в мелкую тару из расчета на одну порцию, заливают соусом и герметично упаковывают. Замораживают упаковки с котлетами сухим искусственным способом при температуре минус 30 — минус 35 °С, срок хранения такой продукции 6 мес. при температуре минус 18 °С.

В отличие от вторых обеденных блюд с жидким гарниром, которые изготавливают из фаршей различных видов рыб, для котлет и рыбных палочек жареных для детского и школьного питания можно использовать только фарши из тощих рыб (минтая, песчанки), из-за возможного накопления продуктов окисления липидов. На вышеперечисленные ассортименты кулинарной продукции подготовлены и утверждены нормативные документы. Кроме того, разработано еще 8 видов кулинарии из фаршей иваси, камбалы, минтая, полученных на линии ДМТР, установленной на рыбозаводе о. Попова (Приморский край), которые были одобрены дегустаторами.

Таким образом, проделанные экспериментальные работы показали полную возможность переработки мелких рыб дезинтеграцией для получения пищевого фарша и его использования для производства пищевых продуктов.

### Выводы

Обоснована технология обработки маломерных рыб с применением ударных нагрузок, позволяющая расщеплять мясо рыбы до частиц и отделять их от кожи и костей скелета. Отделение частиц мышечных волокон от непищевых отходов и получение фарша осуществляются процеживанием водной пульпы, сгущением получаемой суспензии и выделением фарша на центрифугах непрерывного действия со шнековой выгрузкой.

Средние размеры частиц мышечных волокон в фарше из мавроликуса, иваси, песчанки, минтая составляют от 850 до 1300 мкм при длине волокон целой ткани 2000–5000 мкм.

Технология испытана на рыбах длиной от 5,0 (мавроликус) до 23,0–35,0 см (минтай), при жирности от 1,8 (минтай) до 12,0 % (мавроликус). Из 1 т сырья (мелких рыб), направленного на обработку, можно получить 120–150 кг фарша и ≈150 кг рыбной муки из утилизируемых отходов.

Переработка маломерных рыб с получением пищевого фарша и кормовой муки значительно эффективнее по утилизации белка человеком, чем при получении только кормовой муки, так как коэффициент конверсии белка кормовой муки от сельскохозяйственных животных к человеку не превышает 15 %.

Испытаниями было установлено, что система машин получения пищевого фарша соответствует ее функциональному назначению. Принципы, заложенные в технологию производства фарша, подтверждены. Полученный фарш соответствует требованиям действующих стандартов на пищевые рыбные фарши. Выход фарша составил до 16 % при производительности 1000 кг/ч по перерабатываемой рыбе.

Испытана и предложена технология рыбных кулинарных изделий и вторых замороженных блюд на основе рыбных фаршей.

### Список литературы

**А.с. № 1096773.** Способ переработки рыбы / А.П. Ярочкин, В.Ф. Михалева, И.А. Спицын и др. 16.11.81 г.

**А.с. № 1490744.** Устройство для разделения суспензии / С.В. Лебедев, А.П. Ярочкин. 31.12.86 г.

**Ильченко Л.И., Переверзев В.В., Бренделева В.М и др.** Тепловая обработка изделий из рыбных фаршей ИК-излучением // Проблемы технологии переработки нетрадиционного сырья из объектов дальневосточного промысла. — Владивосток : ТИПРО, 1989. — С. 91–96.

- Мельникова О.М.** О влагоудерживающей способности мышечных тканей // Рыб. хоз-во. — 1977. — № 2. — С. 72–74.
- Рехина Н.И., Новикова М.В., Агапова С.А.** Получение пищевого фарша из мелких мезопелагических рыб // Рыб. хоз-во. — 1986. — № 2. — С. 71–73.
- Романков П.Г.** Руководство к практическим занятиям в лаборатории по процессам и аппаратам химической технологии : учеб. пособие. — Л. : Химия, 1969. — 248 с.
- Савиных В.Ф., Байталюк А.А.** Новые данные по биологии императорского мавролика *Maurolicus imperatorius* (Sternorhynchidae) Императорского подводного хребта // Вопр. ихтиол. — 2010. — Т. 50, № 2. — С. 191–201.
- Скачков В.П.** Разработка технологии производства пищевого фарша из маломерных рыб // Рыб. хоз-во. — 1974. — № 9. — С. 56–58.
- Толстогузов В.Б.** Искусственные продукты питания : моногр. — М. : Наука, 1978. — 231 с.
- Трухин Н.В.** Основные направления обработки пелагических видов рыб за рубежом // Рыб. хоз-во. — 1988. — № 4. — С. 89–91.
- Ярочкин А.П.** Принципы технологии переработки мелких рыб на пищевые фарши // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана». — Владивосток : ТИНРО, 1985. — С. 190–191.
- Ярочкин А.П., Бойцова Т.М., Михалева В.Ф., Коростелев Ю.С.** Пищевой фарш из мелких рыб // Рыб. хоз-во. — 1986. — № 5. — С. 64–66.
- Ярочкин А.П., Бойцова Т.М., Михалева В.Ф., Коростелев Ю.С.** Получение фарша из маломерных рыб на дезинтеграторе мышечной ткани // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана». — Владивосток : ТИНРО, 1985. — С. 191–192.
- Bligh E.J., Dyer W.J.** A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917.
- Borresen T., Alsted N.** Functional properties of a mince prepared from a small, pelagic fish with high fat content // Res. Food. Sci. and Nutr. Proc. 6th, Int. Congr. Food Sci. and Techn. — Dublin, 1983. — Vol. 1. — P. 75–78.
- Lee C.M., Abdollahi A.** Effect of hardness of plastic fat on structure and material properties of fish protein gels // J. Food Sci. — 1984. — Vol. 46, № 6. — P. 1755–1759.
- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J.** Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. — 1951. — Vol. 193, № 1. — P. 265–275.
- Moore S., Stein W.H.** A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds // J. Biol. Chem. — 1954. — Vol. 211, № 2. — P. 907–913.

*Поступила в редакцию 29.02.18 г.*

*Принята в печать 12.04.18 г.*